

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-359991

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

(51)Int.Cl.

H02P 6/18

(21)Application number : 2002-086594

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 26.03.2002

(72)Inventor : TAZAWA TORU  
NARASAKI KAZUNARI  
IJIMA TOMOKUNI  
MATSUSHIRO HIDEO  
SAHA SUBURATA

(30)Priority

Priority number : 2001097018

Priority date : 29.03.2001

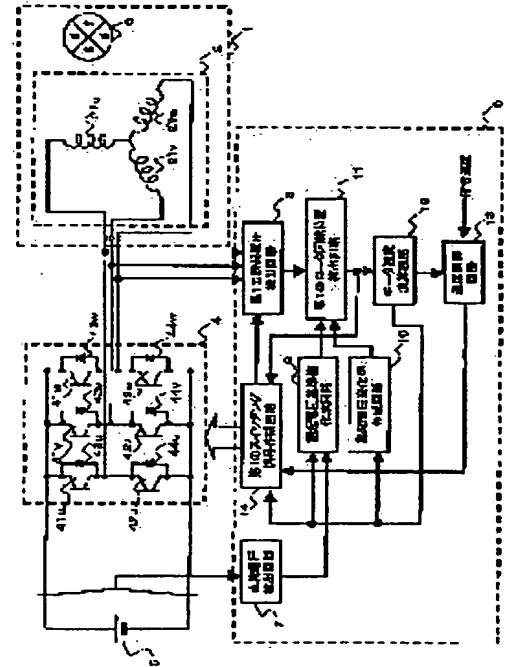
Priority country : JP

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING BRUSHLESS MOTOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and an apparatus for controlling a brushless motor wherein the rotor position of any brushless motor can be detected even from one detection value of induced voltage with accuracy without use of a magnetic detecting means such as a Hall element for detecting rotor rotational positions.

**SOLUTION:** The method and the apparatus for controlling a brushless motor are constituted so that a rotor rotational position detecting means detects an intersecting point, or a point in time at which a detected induced voltage and an induced voltage reference value intersect; a motor speed computing means computes the rotational speed of the brushless motor based on the time intervals of the intersecting points detected by the rotor rotational position detecting means; and a speed controlling means outputs a duty factor index based on a difference between the commanded speed and the rotational speed of the brushless motor. A switching signal creating means outputs a switching signal to switching element groups at the intersecting points based on the rotational speed and the duty factor index.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-359991

(P2002-359991A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 2 P 6/18

識別記号

F I

H 0 2 P 6/02

テ-マ-ト\*(参考)

3 7 1 S 5 H 5 6 0

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2002-86594(P2002-86594)

(22) 出願日 平成14年3月26日 (2002. 3. 26)

(31) 優先権主張番号 特願2001-97018(P2001-97018)

(32) 優先日 平成13年3月29日 (2001. 3. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 田澤 徹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 緒崎 和成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100062926

弁理士 東島 隆治

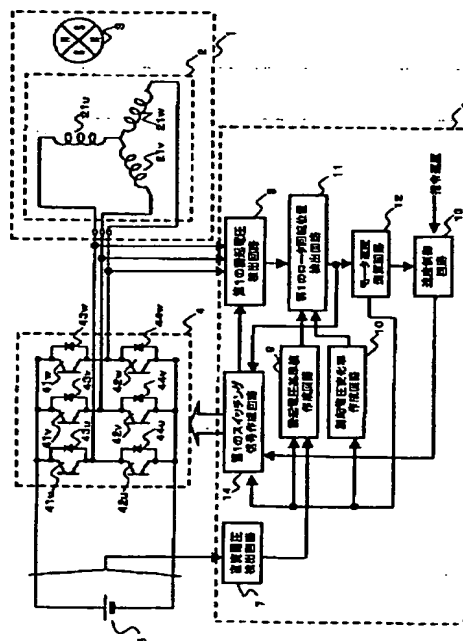
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータの制御方法及び制御装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、ロータ回転位置を検出するためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、1点の誘起電圧検出値からでも精度高くロータ位置を検出できるブラシレスモータの制御方法及び制御装置を提供すること。

【解決手段】 本発明のブラシレスモータの制御方法及び制御装置は、ロータ回転位置検出手段が検出誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を検知し、モータ速度演算手段がロータ回転位置検出手段により検知された交点の時間間隔に基づいてブラシレスモータの回転速度を演算し、速度制御手段がブラシレスモータの指令速度と回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するよう構成されており、スイッチング信号作成手段が前記交点において、回転速度及び通電率指標に基づいてスイッチング素子群へスイッチング信号を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、  
供給される直流電圧を検出するステップ、  
遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、  
検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、  
検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、  
を有するブラシレスモータの制御方法。

【請求項 2】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、  
供給される直流電圧を検出するステップ、  
遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、  
少なくとも 2 点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧変化率作成テーブルを更新するステップ、  
更新された誘起電圧変化率作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を作成するステップ、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、  
検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、  
検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、  
を有するブラシレスモータの制御方法。

【請求項 3】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、  
供給される直流電圧を検出するステップ、

遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、  
少なくとも 2 点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧基準値作成テーブルを更新するステップ、  
更新された誘起電圧基準値作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、  
少なくとも 2 点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて前記誘起電圧基準値を補正するステップ、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、  
検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、  
検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、  
を有するブラシレスモータの制御方法。

【請求項 4】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、  
供給される直流電圧を検出するステップ、  
遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、  
検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、  
前記回転速度が所定値以上であるとき又は前記通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出された誘起電圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更するステップ、  
検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、  
を有するブラシレスモータの制御方法。

【請求項 5】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、  
供給される直流電圧を検出するステップ、  
遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、

前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、

前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、

検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、

検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、

通電期間における通電率の通電パターンにおいて、通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう作成するステップ、

検知された前記交点、前記回転速度、前記通電率指標及び前記通電パターンに基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有するブラシレスモータの制御方法。

【請求項6】 検出された誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を検出できないと判断した時、検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて前記交点を算出する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項7】 遮断相の切り替わり後の最初の検出された誘起電圧、誘起電圧変化率の符号、及び誘起電圧基準値に基づいて、検出された誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点を検出できないと判断したとき、遮断相の通電を直ちに開始する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項8】 遮断相の遮断されている期間が所定値より短いとき、検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて、検出された誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を算出する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項9】 回転速度に基づいた誘起電圧変化率作成テーブルから前記誘起電圧変化率を作成する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項10】 回転速度と通電率指標に基づいた誘起電圧変化率作成テーブルから前記誘起電圧変化率を作成する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項11】 検出された直流電圧の $1/2$ の値と回転速度や通電率指標に基づいたテーブル値との和あるいは差を誘起電圧基準値として出力する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項12】 遮断相の切り替わり後、検出された誘起電圧が前記直流電圧の正側電圧あるいは負側電圧に対し所定量の差を生じた最初の時点から所定時間経た後の検出された誘起電圧を用いて、前記誘起電圧基準値と交差する時点である交点を検出するか、又は前記交点を検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出する、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御方法。

【請求項13】 請求項1に記載の制御方法を行うブラシレスモータを用いたコンプレッサ。

【請求項14】 請求項1に記載の制御方法を行うブラシレスモータを用いたファン。

【請求項15】 請求項1に記載の制御方法を行うブラシレスモータを用いたポンプ。

【請求項16】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、

一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、

前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、

前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、

前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、

前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、

検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、

前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、

前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、

前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、

を具備することを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項17】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのた

めの制御装置であって、  
一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、  
前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、  
前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、  
少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧変化率作成テーブルを更新する誘起電圧変化率補正手段、  
更新された誘起電圧変化率作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を作成する誘起電圧変化率作成手段、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、  
前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、  
前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、  
を具備することを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項18】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、  
一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、  
前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、  
前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、  
少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧基準値作成テーブルを更新する誘起電圧基準値補正手段、

更新された誘起電圧基準値作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、  
前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、  
前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、  
を具備することを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項19】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、  
一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、  
前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、  
前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、  
前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、  
検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、  
前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、  
前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、  
前記回転速度が所定値以上であるとき又は前記通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出誘起電

圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更する電流位相調整手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、を具備することを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項20】 複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検出し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、通電期間における通電率の通電パターンにおいて、通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう作成する通電パターン作成手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度、前記通電率指標及び前記通電パターンに基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第2のスイッチング信号作成手段、を具備することを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項21】 ロータ回転位置検出手段は、検出された誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を検出できないと判断した時、検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて前記交点を算出するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブ

ラシレスモータの制御装置。

【請求項22】 ロータ回転位置検出手段が、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間開始後の最初の検出誘起電圧、誘起電圧の変化率符号、及び誘起電圧基準値に基づいて、検出誘起電圧と誘起電圧基準値が交差する時点を検出できないと判断したとき、スイッチング信号作成手段は、遮断相の通電を直ちに開始する信号を出力するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項23】 ロータ回転位置検出手段は、遮断されている期間が所定値より短いとき、検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて、検出された誘起電圧と誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を算出するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項24】 誘起電圧変化率作成手段は、回転速度に基づいた誘起電圧変化率作成テーブルから前記誘起電圧の変化率を作成するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項25】 誘起電圧変化率作成手段は、回転速度と通電率指標に基づいた誘起電圧変化率作成テーブルから前記誘起電圧の変化率を作成するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項26】 誘起電圧基準値作成手段は、検出された直流電圧の $1/2$ の値と回転速度や通電率指標に基づいたテーブル値との和あるいは差を誘起電圧基準値として出力するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項27】 ロータ回転位置検出手段は、当該直列回路の相へ誘起電圧検出相が変更された後、検出された誘起電圧が前記直流電圧の正側電圧あるいは負側電圧に対し所定量の差を生じた最初の時点から所定時間経た後に検出された誘起電圧を用いて、前記誘起電圧基準値と交差する時点である交点を検出するか、又は前記交点を検出された前記誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するよう構成されたことを特徴とする請求項16から請求項20のいずれか一項に記載のブラシレスモータの制御装置。

【請求項28】 請求項16に記載のブラシレスモータの制御装置を具備するコンプレッサ。

【請求項29】 請求項16に記載のブラシレスモータの制御装置を具備するファン。

【請求項30】 請求項16に記載のブラシレスモータの制御装置を具備するポンプ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はブラシレスモータの制御方法及び制御装置に関し、特にロータの回転位置の検出をホール素子等の磁気検出手段を用いることなく行う、いわゆるセンサレス制御装置に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】ブラシレスモータにおけるロータの回転位置の検出をホール素子等の磁気検出手段を用いることなく行う、いわゆるセンサレス制御装置の従来技術としては特開平7-123773号公報に開示された技術がある。

【0003】以下、従来のブラシレスモータの制御装置について説明する。図38は従来のブラシレスモータの制御装置のシステム構成を示すブロック図である。図38において、ブラシレスモータ101は、電流が流れる相巻線121u、121v、121wがステータコア（図示せず）に巻回されているステータ102、および磁石が装着されているロータ103を備えている。各相巻線121u、121v、121wはスイッチング回路104に接続されており、相巻線121u、121v、121wに印加される電圧が制御されている。このスイッチング回路104には直流電圧105により電圧が供給される。

【0004】スイッチング回路104は、電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置された一対のスイッチング素子が直列に接続されており、この直列回路がU相用、V相用、W相用として3つ設けられている。図38に示すように、U相用の直列回路は上流側スイッチング素子141uと下流側スイッチング素子142uとを有している。V相用の直列回路は上流側スイッチング素子141vと下流側スイッチング素子142vとを有している。W相用の直列回路は上流側スイッチング素子141wと下流側スイッチング素子142wとを有している。

【0005】また、スイッチング回路104においては、それぞれのスイッチング素子141u、142u、141v、142v、141w、142wに逆方向で並列に接続されたダイオード143u、144u、143v、144v、143w、144wがそれぞれ設けられている。スイッチング回路104におけるU相用のスイッチング素子141u、142uの相互接続点には、ブラシレスモータ101の相巻線121uが接続されている。同様に、V相用のスイッチング素子141v、142vの相互接続点にはブラシレスモータ101の相巻線121vが接続されており、W相用のスイッチング素子141w、142wの相互接続点にはブラシレスモータ101の相巻線121wが接続されている。セレクト106はスイッチング回路104のスイッチング状態から3相の巻線の内の無通電相の1相を選択し、A/D変換

器107がその相の端子電圧のアナログ値をデジタル値へ変換する。制御部108は、検出された電圧からその変化率及び転流時刻を決定し、ドライバ信号をドライバ109へ出力する。そして、スイッチング回路104の各スイッチング素子141u、142u、141v、142v、141w、142wはドライバ109により制御される。

【0006】次に、上記のように構成された従来のブラシレスモータの制御装置における制御方法について説明する。図39は、ブラシレスモータ101が従来の制御装置により120度通電形駆動されており、ステータ102の各相巻線が理想的な転流タイミングで通電制御され、ブラシレスモータ101が一定速度で回転している時の動作状態を示している。図39において、(a)はU相に現れる端子電圧波形である。また(b)はV相に現れる端子電圧波形、(c)はW相に現れる端子電圧波形である。また、(d)は無通電相の端子電圧をPWM信号に同期して検出し、検出不能な点については検出時間に対する変化量から外挿補間して得た処理波形である。ここで図39の波形(d)の具体的な求め方について説明する。図39の波形(a)～(c)のうち有効な誘起電圧情報は、 $T_s$ で示された区間内でかつA点やB点のようなPWM信号に同期して検出した離散的な値である。従って、例えば図39の区間 $T_x$ の誘起電圧情報は検出できない。そこで、A点やB点のような検出可能な2点以上の誘起電圧情報の時間に対する変化率を求めて、区間 $T_x$ において誘起電圧がどのように変化するかを推定する。このような補間処理を行い、各相分の信号をつなぐことにより図39に示した処理波形(d)を得る。

【0007】次に、従来のブラシレスモータの制御装置における転流タイミングの決め方について説明する。図39の処理波形(d)において、転流タイミングを隣合う相の推定誘起電圧が交差する時刻である $t_1$ や $t_2$ のような屈曲点とする。これらの屈曲点がモータの理想的（出力を最大限に引き出すことのできる状態）な転流タイミングである。もし、転流した時点において、隣り合う相の推定された誘起電圧が偏差を有している場合には、ロータ位置が理想的でない判断し、その偏差がなくなるよう転流タイミングの補正を行う。このように、従来のブラシレスモータの制御装置においては、ロータ位置を推定してブラシレスモータの駆動を行っていた。しかし、特開平7-123773号公報に開示された制御装置においては、誘起電圧の時間に対する変化率を求めるために2点以上の値を必要とした。従って、端子電圧の検出回数はモータの回転数に応じて大きく変化する。高速になるに従って、誘起電圧検出回数は大幅に減少するため、2点以上端子電圧が検出できない速度になると誘起電圧の時間に対する変化率を求めることができず、モータが停止するという問題があった。

【0008】このような問題を解決した装置として特開平9-154294号公報に開示されたブラシレスモータの駆動方法がある。この特開平9-154294号公報に開示された従来技術は、基本的には前述の従来技術（特開平7-123773号公報に開示）と同じ制御方法により駆動されている。ただし、特開平9-154294号公報に開示された従来技術においては、1つの端子電圧検出値からブラシレスモータの制御を行っている。誘起電圧 $V_0$ はモータの原理からモータ回転数 $N$ に比例し、誘起電圧定数 $K_e$ を用いて次式（1）で表され

【0012】式（2）において $\Delta v / \Delta t = \sigma \Delta N$ はモータ回転数 $N$ に対する端子電圧の変化率を表すモータ固有の定数を表す。図40のグラフは、モータ駆動時において、端子電圧を検出し、その検出された電圧の変化量を単位時間当たりの電圧変化量に変換したものである。その電圧変化量はモータ回転数に依存している。このため、2点以上の端子電圧値が検出できる場合は、モータ回転数に対する端子電圧の変化量を算出し、端子電圧の検出回数が減少した場合はモータ回転数に応じた端子電圧の変化率を算出して使用する。具体的な算出方法は、図40に示したグラフ上の2点からそれ以外の部分を一次関数で近似して外挿補間することによって算出する。この場合、検出された1点の誘起電圧からでも外挿補間値によって前記制御方法によりブラシレスモータを駆動できる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、特開平7-123773号公報に開示されている従来技術は、原理的に2点以上の端子電圧が検出できなくなった場合、誘起電圧の検出時間に対する変化率が計算できなくなるため、転流時刻を決定できずモータが停止するという問題を有していた。また、この従来技術において、制御方法は、相隣り合う相の推定された誘起電圧が交差する時点を転流タイミングとしている。しかし、この制御方法は表面磁石型ブラシレスモータに対してのみ成り立つ。埋込磁石型ブラシレスモータの場合は、相隣り合う相の推定された誘起電圧が交差する時点よりも早く転流させた方が高効率になることが分かっている。

【0014】特開平9-154294号公報に開示されている従来技術においては、2点以上の誘起電圧が検出できない場合の誘起電圧の時間に対する変化率を前記式（2）に示した関係式からモータ回転数に比例したものとして算出している。この特開平9-154294号公報の制御方法は、特開平7-123773号公報の制御方法と同様に、表面磁石型ブラシレスモータにしか成り立たない。ブラシレスモータが埋込磁石型ブラシレスモータの場合には式（2）は成り立たない。これは、埋込磁石型ブラシレスモータの場合、検出された誘起電圧にはモータ電流によるリラクタンس成分が含まれるからである。

る。

【0009】

【数1】

【0010】端子電圧 $V_0$ の大きさは誘起電圧 $(1)$ に比例するため、ある単位時間の電圧の変化量もモータ回転数 $N$ に比例し、端子電圧の時間に対する変化率 $(\Delta v / \Delta t)$ は次式（2）で算出される。

【0011】

【数2】

【0015】本発明は、上記従来技術における問題を解決し、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できるブラシレスモータの制御装置を提供することを目的とするものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明に係るブラシレスモータの制御方法は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、供給される直流電圧を検出するステップ、遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検出し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0017】本発明の他の観点のブラシレスモータの制御方法は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、供給される直流電圧を検出するステップ、遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧変化率作成テーブルを更新するステップ、更新された誘起電圧変化率作



成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を作成するステップ、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0018】本発明の他の観点のブラシレスモータの制御方法は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、供給される直流電圧を検出するステップ、遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧基準値作成テーブルを更新するステップ、更新された誘起電圧基準値作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて前記誘起電圧基準値を補正するステップ、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力するステップ、検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0019】本発明の他の観点のブラシレスモータの制御方法は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、供給される直流電圧を検出するステップ、遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧

基準値を作成するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、前記回転速度が所定値以上であるとき又は前記通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出された誘起電圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更するステップ、検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。また、本発明によれば、ブラシレスモータの回転速度が所定値以上であるとき又は通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出誘起電圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更するので、結果として弱め界磁制御をすることになり、運転動作範囲を拡大できる。

【0020】本発明の他の観点のブラシレスモータの制御方法は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御方法であって、供給される直流電圧を検出するステップ、遮断相の端子に現れる誘起電圧を検出するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成するステップ、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧変化率を作成するステップ、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するステップ、検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するステップ、通電期間における通電率の通電パターンにおいて、通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう作成するステップ、検知された前記交点、前記回転速度、前記通電率指標及び前記通電パターンに基づいて前記ブラシレスモータを駆動するステップ、を有する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。また、本発明の他の特徴は通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう通電パターンを作成

するため、ブラシレスモータの相巻線への電流波形が正弦波状により近づき、高効率かつ低振動・低騒音の運転が可能となる。

【0021】本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一对のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、を具備する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0022】本発明の他の観点のブラシレスモータの制御装置は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一对のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧変化率作成テーブルを更新する誘起電圧変化

率補正手段、更新された誘起電圧変化率作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を作成する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、を具備する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0023】本発明のさらに他の観点のブラシレスモータの制御装置は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一对のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、少なくとも2点の検出された誘起電圧の変化率に基づいて誘起電圧基準値作成テーブルを更新する誘起電圧基準値補正手段、更新された誘起電圧基準値作成テーブルに基づき、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指

標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、を具備する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。

【0024】本発明のさらに他の観点のブラシレスモータの制御装置は、複数の巻線を有するステータと複数極の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、前記回転速度が所定値以上であるとき又は前記通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出誘起電圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更する電流位相調整手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度及び前記通電率指標に基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第1のスイッチング信号作成手段、を具備する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。また、本発明によれば、ブラシレスモータの回転速度が所定値以上であるとき又は通電率指標が所定値以上であることを検知したとき、検出誘起電圧に対する電流位相が進むよう誘起電圧基準値を変更するので、結果として弱め界磁制御をすることになり、運転動作範囲を拡大できる。

【0025】本発明のさらに他の観点のブラシレスモータの制御装置は、複数の巻線を有するステータと複数極

の磁石を有するロータとを備えたブラシレスモータのための制御装置であって、一対のスイッチング素子が電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置されて直列接続された直列回路を複数有するスイッチング回路、前記スイッチング回路の各直列回路に供給される直流電圧を検出する直流電圧検出手段、前記スイッチング回路の1つの直列回路の両方のスイッチング素子が同時に遮断されている期間に、当該直列回路のスイッチング素子間に接続された各相巻線の端子に現れる誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧基準値を作成する誘起電圧基準値作成手段、前記ブラシレスモータの運転状態に応じた誘起電圧の変化率を出力する誘起電圧変化率作成手段、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とが交差する時点である交点を、検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値とに基づき検知し、若しくは検出された誘起電圧と前記誘起電圧基準値と前記誘起電圧変化率とに基づいて算出するロータ回転位置検出手段、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点の時間間隔に基づいて前記ブラシレスモータの回転速度を演算するモータ速度演算手段、前記ブラシレスモータの指令速度と前記回転速度との偏差に基づいて通電率指標を出力する速度制御手段、通電期間における通電率の通電パターンにおいて、通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう作成する通電パターン作成手段、及び、前記ロータ回転位置検出手段により検知された前記交点、前記回転速度、前記通電率指標及び前記通電パターンに基づいて複数の前記スイッチング素子へスイッチング信号を出力する第2のスイッチング信号作成手段、を具備する。このため、本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。また、本発明の他の特徴は通電期間開始から所定時間の通電率の平均値が通電期間終了までの所定時間の通電率の平均値より大きくなるよう通電パターンを作成するため、ブラシレスモータの相巻線への電流波形が正弦波状により近づき、ブラシレスモータは高効率かつ低振動・低騒音の運転が可能となる。

【0026】また、本発明の他の特徴は検出された誘起電圧と誘起電圧基準値の交差時点が検出できない状況においても、交差時点を得ることができるため確実にロータ位置を検出することができる。また、本発明の他の特徴は遮断期間の短くなる高速時においても、検出遅れなく交差時点を検知することができるため、確実にロータ位置を検出することができ、電流波形乱れを抑える事ができる。また、本発明の他の特徴は温度等によるモータパラメータの変動があっても検出誘起電圧が2点以上取れるところの検出誘起電圧の変化率を基にテーブル値を

補正するため、常に高い精度のロータ位置検出が可能となる。また、本発明の他の特徴は還流終了後のロータ位置検出に有効な誘起電圧への過渡変化を確実に無視できるので常に高い精度のロータ位置が検出が可能となる。また、本発明の他の特徴は検出誘起電圧と誘起電圧基準値が交差する時点を検出できないと判断したとき、遮断相の通電を直ちに開始するので、確実に電圧印加状態の切換を行うことができる。本発明に係るブラシレスモータの制御方法及び制御装置を、コンプレッサ、ファン、及びポンプ等のブラシレスモータの使用機器に用いることにより優れた性能を奏する機器を提供することができる。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るブラシレスモータの制御方法及び制御装置の好ましい実施例について添付の図面を用いて説明する。

【0028】《実施例1》図1は本発明に係る実施例1のブラシレスモータの制御装置のシステム構成を示すブロック図である。図1において、ブラシレスモータ1は、電流が流れる相巻線21u、21v、21wがステータコア（図示せず）に巻回されているステータ2、および磁石が装着されているロータ3を備えている。各相巻線21u、21v、21wはスイッチング回路4に接続されており、相巻線21u、21v、21wに印加される電圧が制御されている。このスイッチング回路4には直流電源5により直流電圧が供給される。

【0029】スイッチング回路4は、電流の流れの方向に対して上流側と下流側に配置された一対のスイッチング素子が直列に接続されており、この直列回路がU相用、V相用、W相用として3つ設けられている。図1に示すように、U相用の直列回路は上流側スイッチング素子41uと下流側スイッチング素子42uとを有している。V相用の直列回路は上流側スイッチング素子41vと下流側スイッチング素子42vとを有している。W相用の直列回路は上流側スイッチング素子41wと下流側スイッチング素子42wとを有している。また、スイッチング回路4においては、それぞれのスイッチング素子41u、42u、41v、42v、41w、42wに逆方向で並列に接続されたダイオード43u、44u、43v、44v、43w、44wがそれぞれ設けられている。スイッチング回路4におけるU相用の上流側スイッチング素子41uと下流側スイッチング素子42uとの相互接続点には、ブラシレスモータ1の相巻線21uが接続されている。同様に、V相用の上流側スイッチング素子41vと下流側スイッチング素子42vとの相互接続点にはブラシレスモータ1の相巻線21vが接続されており、W相用の上流側スイッチング素子41wと下流側スイッチング素子42wとの相互接続点にはブラシレスモータ1の相巻線21wが接続されている。

【0030】制御部6は、直流電源5からの直流電圧を

直接サンプリングする機能を持つ直流電圧検出回路7、ブラシレスモータ1の各相巻線21u、21v、21wに発生する誘起電圧を直接サンプリングする機能を持つ第1の誘起電圧検出回路8、誘起電圧の基準値を作成する機能を持つ誘起電圧基準値作成回路9、誘起電圧変化率を作成する機能を持つ誘起電圧変化率作成回路10、検出誘起電圧と誘起電圧基準値とを使ってロータ回転位置を求める機能を持つ第1のロータ回転位置検出回路11、ロータ回転位置の時間による変化からモータ速度を求める機能を持つモータ速度演算回路12、指令速度と求められたモータ速度との偏差から印加電圧の通電率指標を求める機能を持つ速度制御回路13、ロータ回転位置とモータ速度と通電率指標に基づいてスイッチング回路4へのスイッチング信号を作成しスイッチング回路4の各素子へ出力する機能を持つ第1のスイッチング信号作成回路14、を有するマイクロコンピュータにより構成される。スイッチング回路4の各スイッチング素子41u、42u、41v、42v、41w、42wは、制御部6の第1のスイッチング信号作成回路14により制御されている。

【0031】次に、上記のように構成された実施例1のブラシレスモータの制御装置におけるそれぞれの構成部分の動作について詳細に説明する。まず、制御部6の第1のスイッチング信号作成回路14の動作について説明する。第1のスイッチング信号作成回路14は、スイッチング回路4の各スイッチング素子41u、42u、41v、42v、41w、42wに対し、導通指令信号または遮断指令信号を出力することにより、各相巻線21u、21v、21wへの印加電圧が制御される。図2は、スイッチング回路4の各スイッチング素子41u、42u、41v、42v、41w、42wのタイミングを示す信号波形と、各相巻線21u、21v、21wへの印加電圧（Vu、Vv、Vw）を示す波形図である。図2における（a）～（f）は、スイッチング素子41u、41v、41w、42u、42v、42wに対する導通、遮断の指令信号を示している。図2の（a）～（f）において“ハイレベル”が導通指令、“ローレベル”が遮断指令を示す。

【0032】図2に示すように、期間K1においては、U相用の上流側スイッチング素子41uが導通状態であり、下流側スイッチング素子42uが遮断状態である。同様に、期間K1において、W相用の上流側スイッチング素子41wと下流側スイッチング素子42w、及びV相用の上流側スイッチング素子41vは遮断状態である。但し、この期間K1においては、V相用の下流側スイッチング素子42vがパルス幅変調（PWM）で導通・遮断のスイッチング動作を繰り返している。この結果、U相用の上流側スイッチング素子41uと、V相用の下流側スイッチング素子42vが導通状態となり、ステータ2のU相巻線21uからV相巻線21vへ電流が

流れる。

【0033】次に、期間K2においては、U相用の上流側スイッチング素子41uが導通状態であり、V相用の下流側スイッチング素子42vとW相用の下流側スイッチング素子42wがパルス幅変調（PWM）でスイッチングの導通・遮断を繰り返している。このとき、他のスイッチング素子41v、41w、42uは遮断状態である。この結果、U相用の上流側スイッチング素子41uとV相用の下流側スイッチング素子42vとW相用の下流側スイッチング素子42wが導通し、ステータ2のU相巻線21uからV相巻線21vとW相巻線21wへ電流が流れる。同様に、期間K3においてはステータ2のU相巻線21uからW相巻線21wへ電流が流れ、期間K4においてはU相巻線21uとV相巻線21vからW相巻線21wへ電流が流れる。また、期間K5においてはV相巻線21vからW相巻線21wへ電流が流れ、期間K6においてはV相巻線21vからU相巻線21uとW相巻線21wへ電流が流れる。

【0034】また、期間K7においてはV相巻線21vからU相巻線21uへ、期間K8においてはV相巻線21vとW相巻線21wからU相巻線21uへ、期間K9においては巻線21wから巻線21uへ、期間K10においてはW相巻線21wからU相巻線21uとV相巻線21vへ、期間K11においてはW相巻線21wからV相巻線21vへ、期間K12においてはU相巻線21uとW相巻線21wからV相巻線21vへ電流が流れる。なお、実際には期間K1、K3、K5、K7、K9、K11への遷移直後において、各ダイオード43u、43v、43w、44u、44v、44wには短時間電流が流れるが、その電流の流れについてはここでは省略している。

【0035】なお、実施例1において、パルス幅変調の通電率は速度制御回路13の出力である通電率指標の値を用いる。上記のように期間K1～K12の導通・遮断のスイッチング動作を繰り返すことにより、ロータ3は回転する。このようにロータ3を回転させる場合、相巻線21u、21v、21wに流れる電流は、位相が120度ずつ異なる電流波形を有している。図2に示す波形

【0039】

$$K5 \rightarrow K6 \text{のタイミング} = T0 + 10^\circ \text{ (数4) } \text{-----} \quad (3)$$

【0040】式(3)と式(4)に示すタイミングは、誘起電圧と誘起電圧基準値が交差した時刻を示す。このタイミングが来たとき、通電状態を切り換える。次の誘起電圧検出期間K7に達すると再び同様の処理が行われる。このようにタイミング算出処理を繰り返すことにより、通電の切り換えタイミングはその都度決定される。しかし、従来のブラシレスモータの駆動方法である120度通電に比べて、図2に示すような通電期間が150度の場合、1回の遮断期間は30度と短いため、誘起電

図において、期間K1の開始から期間K6の終了までの間が電気角で180度期間を表している。図2に示すブラシレスモータの駆動制御においては、各相とも電気角180度期間中150度期間で電圧を印加する指令が入力されている。

【0036】図2に示す波形図における期間の切り換え、即ち通電状態の切り換えタイミングの求め方を図3を用いて説明する。一つの相の一对のスイッチング素子が共に遮断されている期間内において、同相の巻線に電流が流れていない時に発生する誘起電圧は、第1の誘起電圧検出回路8により検出される。図3において、期間K5ではU相が上流側スイッチング素子41u、下流側スイッチング素子42uとも遮断状態であるので、誘起電圧の検出はU相巻線21uに対して行う。

【0037】誘起電圧基準値作成回路9から誘起電圧基準値が出力される。誘起電圧基準値作成回路9の動作については後述する。検出誘起電圧と誘起電圧基準値が第1のロータ回転位置検出回路11に時々刻々入力され、両者が交差する時点が検出される。第1のロータ回転位置検出回路11は、検出された交差点に基づき次の誘起電圧検出期間K7までの通電切り換えタイミングを求める。図3に示す期間においては、期間K5の通電状態から期間K6の通電状態への切り替わり点、および期間K6の通電状態から期間K7の通電状態への切り替わり点が存在するため、図3に示した（delay1）と（delay2）を決めることになる。例えば、（delay1）は交差検出時点から位相的に10°後であり、（delay2）はさらに30°後と予め決める。モータ速度演算回路12から得られるモータ速度 $\omega$ を使って上記位相差を切り換えまでの時間に換算し、以下の式(3)と式(4)に示すようにタイミングを計算する。式(3)が期間K5の通電状態から期間K6の通電状態への切り替わりの時刻を示しており、式(4)が期間K6の通電状態から期間K7の通電状態への切り替わりの時刻を示している。

【0038】

【数3】

左検出期間での最初の有効な検出誘起電圧が既に誘起電圧基準値との交差点を過ぎていることが起こりうる。さらに、急激な負荷変動や速度変動があった場合、誘起電圧が変化するためこのような状況が起こりやすい。このような場合の、既に誘起電圧基準値との交差点を過ぎている最初の有効な検出誘起電圧1つを用い、以下のように真の交点を算出する。

【0041】図4は実施例1における誘起電圧検出値が既に誘起電圧基準値を超えていた場合の真の交差点計算

の説明図である。図4に示すように、誘起電圧検出期間での最初の有効な検出誘起電圧は、既に誘起電圧基準値との交差点を過ぎている。この場合、検出誘起電圧と誘起電圧基準値の交差点を検出できない。この時は以下のように交差点を算出して、ロータ位置を検知することができる。図5は実施例1における交差点算出処理の流れを示すフローチャートである。

【0042】第1のロータ回転位置検出回路11は、ステップ101において、誘起電圧変化の方向が判断される。誘起電圧変化率が正であれば、上昇区間でありステップ102において、検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より大きいかが判断される。検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より小さければ交差点を検出できると判断して、交差点を検出するまで誘起電圧のサンプリングを繰り返す (ステップ104)。逆に、検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より大きければ交差点を検出できないと判断して、ステップ106へ移行する。ステップ106において、検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) と誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) との差 ( $\Delta V$ ) を演算する。次に、ステップ107において、誘起電圧変化率作成回路10の出力である誘起電圧変化率 ( $V_{slp}$ ) と算出された差 ( $\Delta V$ ) から、現在時刻  $T1$  から真の交差点までの位相差  $\Delta \theta$  ( $=V_{slp} \times \Delta V$ ) を算出する。誘起電圧変化率作成回路10の動作については後述する。次に、ステップ108において、モータ速度 ( $\omega$ ) を使って算出された位相差 ( $\Delta \theta$ ) を時間差  $\Delta T$  ( $=\Delta \theta / \omega$ ) に変換する。そして、現在時刻  $T1$  から時間差 ( $\Delta T$ ) の分だけ遡った時点を検出点として確定する。

【0043】一方、ステップ101において、誘起電圧変化率が負であれば、下降区間でありステップ103において、検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より小さいかが判断される。検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より大きければ交差点を検出できると判断して、交差点を検出するまで誘起電圧のサンプリングを繰り返す (ステップ104)。逆に、検出誘起電圧 ( $V_{det}$ ) が誘起電圧基準値 ( $V_{ref}$ ) より小さければ交差点を検出できない判断して、ステップ106へ移行する。ステップ106以降の処理は前述の通りである。上記のように、確定された交差点に基づき、切り換えタイミング (図4の ( $delay10$ ) 及び ( $delay20$ )) を計算する。このように算出されたタイミングが来たとき、通電状態が切り換えられる。次の誘起電圧検出期間に達すると、再び上記の交差点算出処理が行われる。このように交差点算出処理が繰り返されることにより、通電の切り換えタイミングはその都度決められる。

【0044】次に、誘起電圧基準値作成回路9の動作について説明する。誘起電圧基準値作成回路9にはブラシレスモータ1の運転状態の情報が入力され誘起電圧基準値が出力される。図2で示すような通電パターンの場合、検出誘起電圧の上昇と下降は直流電圧の  $1/2$  の値を中心にして対称になるよう交互に現れてくる。図6は、実施例1における誘起電圧基準値の設定方法の説明図であり、上昇時の検出誘起電圧波形と下降時の検出誘起電圧波形を示している。図6に示すように、上昇時の誘起電圧基準値を直流電圧の  $1/2$  に基準値設定量を減じた値とし、下降時の誘起電圧基準値を直流電圧の  $1/2$  に基準値設定量を加えた値とする。このように設定することにより交差点検出は周期が安定したものとなる。ここで加減される基準値設定量は、ブラシレスモータ1が効率高く運転される値をモータ回転速度に応じて求められ、図7に示すようにテーブル化されている。

【0045】ブラシレスモータ1が埋込磁石形ブラシレスモータの場合、誘起電圧は磁石の成分とリラクタンスによる成分の合成として現れる。磁石の成分はモータ速度に依存し、リラクタンスの成分はモータ速度とモータ電流とに依存する。また、モータ電流と通電率指標には相関関係がある。テーブル作成において動作範囲内で電流による誘起電圧の変化を無視できる場合は、図7に示すように、モータ速度における基準値設定量を示したテーブルを予め作成する。また、誘起電圧の変化が無視できない場合には、図8に示すように、モータ速度と通電率指標とにおける基準値設定量を示したテーブルを作成しておく。このテーブルを用いて、入力されたブラシレスモータ1の運転状態の情報から導き出される値が、前述の基準値設定量として出力される。本実施例では運転状態の情報とはモータ速度である。図7に示すようなモータ速度における基準値設定量を示したテーブルの代わりに、図8に示すようなモータ速度と通電率指標とにおける基準値設定量を示したテーブルを用いる場合、運転状態の情報とはモータ速度と通電率指標である。

【0046】テーブルの参照値は離散的に設定されているため、必要とするモータ速度や通電率指標がテーブルの参照値に合致しないときは、その近傍の参照値の基準値設定量を線形補間して必要な基準値設定量を算出する。例えば、図7に示したテーブルを使用して、モータ速度が  $2400 \text{ rpm}$  の場合について説明する。図7のテーブルによれば、モータ速度  $2000 \text{ rpm}$  においては基準値設定量が ( $V3$ ) であり、モータ速度  $3000 \text{ rpm}$  においては基準値設定量が ( $V4$ ) である。このように得られた基準値設定量を下記式 (5) により線形補間してモータ速度  $2400 \text{ rpm}$  時の基準値設定量とする。

【0047】

【数5】

$$\text{所定量}(2400\text{rpm}) = \frac{V4-V3}{3000-2000} \times (2400-2000) + V3 \quad \text{-----} \quad (5)$$

【0048】次に、誘起電圧変化率作成回路10の動作について説明する。誘起電圧変化率作成回路10にはブラシレスモータ1の運転状態の情報が入力され誘起電圧変化率が出力される。ブラシレスモータ1が埋込磁石型ブラシレスモータの場合、誘起電圧変化率はモータ速度と誘起電圧定数等のモータパラメータとモータ電流とによって変化する。また、モータ電流と通電率指標には相関関係がある。従って、予め動作範囲内でのブラシレスモータ1の運転状態に応じた誘起電圧変化率を調べておきテーブル化しておく。速度一定時に動作範囲内の負荷条件で得られた誘起電圧の変化率の変化幅が十分小さければ、図9に示すようなモータ速度における誘起電圧変化率を示すテーブルを予め作成する。変化幅が大きければ図10に示すようなモータ速度と通電率指標とにおけるテーブルを予め作成する。このように作成されたテーブルを用いて、入力されたブラシレスモータ1の運転状態の情報から導き出される値を誘起電圧変化率として出力する。本実施例では運転状態の情報とはモータ速度である。図9に示すようなモータ速度における誘起電圧変

化率を示したテーブルの代わりに、図10に示すようなモータ速度と通電率指標とにおける誘起電圧変化率を示したテーブルを用いる場合の運転状態の情報とはモータ速度と通電率指標である。

【0049】テーブルの参照値は離散的に設定されているため、必要とするモータ速度や通電率指標が参照値に合致しないときは、その近傍の参照値の誘起電圧変化率を線形補間して必要な誘起電圧変化率を算出する。例えば、図9に示したテーブルを使用して、モータ速度が2400rpmの場合について説明する。図9のテーブルによれば、モータ速度2000rpmにおいては誘起電圧変化率が(SLP3)であり、モータ速度3000rpmにおいては誘起電圧変化率が(SLP4)である。このように得られた誘起電圧変化率を下記式(6)により線形補間してモータ速度2400rpm時の誘起電圧変化率とする。

【0050】

【数6】

$$\text{誘起電圧変化率}(2400\text{rpm}) = \frac{\text{SLP4}-\text{SLP3}}{3000-2000} \times (2400-2000) + \text{SLP3} \quad \text{-----} \quad (6)$$

【0051】実施例1において、制御部6は直流電圧及び誘起電圧を直接サンプリングする機能を有するマイクロコンピュータによって構成されているが、本発明はこのような構成に限定されるものではなく、別回路で直流電圧および誘起電圧をサンプリングしてマイクロコンピュータに入力するように構成することも可能である。また、実施例1の通電パターンは電気周期で180度期間中150度としているが、本発明はこのような通電期間に限定されるものでなく180度未満120度以上の通電期間としても同様の構成が可能である。また、実施例1の通電パターンは遮断期間と次の遮断期間との間に2個の切り換えタイミングを設けているが、本発明はこのようなパターンに限定されるものでなく、遮断期間と次の遮断期間との間に複数の切り換えタイミングを有するように構成しても同様の構成が可能である。上記のように、実施例1のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、検出された誘起電圧が1点であっても常に精度高くロータ位置を検出できる。

【0052】《実施例2》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例2について説明する。実施例2においては、前述の実施例1と同様に、検出誘起電圧値、誘起電圧変化の方向及び誘起電圧基準値から交差する時点を検出する処理を行っている。ただし、実施例2の制御装置は、交差する時点を検出不可能と判断した場合の切り換えタイミングの計算で、計算された切り換

えタイミングの時刻が既に切り換えのタイミングを過ぎている場合でも対処できる装置である。以下、実施例2のブラシレスモータの制御装置における制御方法について図11を用いて説明する。実施例2の構成は前述の実施例1における構成と同じである。

【0053】検出誘起電圧値、誘起電圧変化の方向及び誘起電圧基準値から交差する時点が検出不可能と判断した場合に、実施例1と同様の手法で真の交差点が求められる。この交差点を基準に切り換えタイミングを計算した際、切り換えタイミングが誘起電圧検出時点よりも時間的に前になってしまう場合が起こりうる。図11は実施例2における誘起電圧検出値が既に誘起電圧基準値を超えていた場合の真の交差点計算の説明図である。

【0054】真の交差点を基準に切り換えタイミングを計算したところ、図11において(delay11)で示す時刻のようになったとする。この場合切り換えタイミングが誘起電圧検出点より時間的に前になるため切り換えを実現できなくなる。切り換えを行うためにはタイミングを現時点T1よりも後に切り換えタイミングを設定する必要がある。この場合には、誘起電圧検出時点後直ちに切り換えを行えるような切り換えタイミング(delay12)に変更する。即ち、(delay12)の設定は、誘起電圧検出時点T1の直後で切り換え処理が可能な時間があればよく、例えば切り換え処理が可能であれば誘起電圧検出時点T1の10μs後になるよう設定することができる。このように変更することにより、切り換えを確実に行うことができる。上記のよう

に、実施例2のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、常に精度高くロータ位置を検出するとともに確実に電圧印加状態の切換を行うことができる。

【0055】《実施例3》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例3について説明する。実施例3においては、遮断期間が短くなる高速時に誘起電圧基準値と検出誘起電圧との交差点が検出可能な場合でも、交差点を計算により求めている。このように構成された実施例3の制御装置は、遮断期間が短くなり1制御周期の遅れが大きな角度差を生じる高速時においても、高精度にロータ回転位置を検出することが可能となり、電流波形の乱れを減少させることができる。以下、実施例3のブラシレスモータの制御装置における制御方法について説明する。図12は実施例3のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図12において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。

【0056】実施例3の制御装置は、前述の実施例1の構成における第1のロータ回転位置検出回路11の代わりに第2のロータ回転位置検出回路15が設けられている。以下、第2のロータ回転位置検出回路15の動作について説明する。図13は検出された誘起電圧の端子電圧における変化を示す図である。有効な誘起電圧は図13に示された太線部のようなPWMに同期した一部分である。一方、高速時には検出される誘起電圧の時間変化率が大きくなる。従って、検出誘起電圧と誘起電圧基準値との交点が図13の時刻Bのように誘起電圧検出可能でない時点になることが起こりうる。図13の時刻Aでは検出誘起電圧が誘起電圧基準値を超えていないため、時刻Cにおいて交点を越えたことが判明する。これにより、実際は時刻Bが交点であるが、その交点の検出が遅れてしまうという問題がある。この遅れは最大1PWM分となり、高速運転においては大きな角度となる。例えば、PWM周期 $250\mu s$ で4極モータが $4000rpm$ で回っている時を考えると1PWMで進む角度は $12^\circ$ になる。従って、特に通電幅が大きい、例えば $165^\circ$ 通電では遮断期間が $15^\circ$ しかないにも関わらず、このばらつきがあると電流波形に乱れが生じ安定した運転が困難となる。図14は、 $165^\circ$ 通電で運転した場合の上記のような電流波形の乱れを示した図である。そこで、実施例3の制御装置においては、モータ速度が高速の場合、たとえ検出誘起電圧が誘起電圧基準値と交差する前であっても交差点を計算により求めて、予めロータ位置を検知している。

【0057】図15は、実施例3の制御方法における交差点算出のフローチャートである。検出誘起電圧値、誘起電圧変化の方向及び誘起電圧基準値から交差する時点が検出可能か否かを判断する。まず、第2のロータ回転

位置検出回路15は、ステップ301において、誘起電圧変化の方向が判断される。誘起電圧変化率が正であれば、上昇区間でありステップ302において、検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より大きいかが判断される。検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より小さければ交差点を検出可能と判断して、ステップ304へ移行する。逆に、検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より大きければ交差点を検出できないと判断して、ステップ311へ移行する。一方、ステップ301において、誘起電圧変化率が負であれば、下降区間でありステップ303において、検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より小さいかが判断される。検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より大きければ交差点を検出できると判断して、ステップ304へ移行する。逆に、検出誘起電圧( $V_{det}$ )が誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )より小さければ交差点を検出できないと判断して、ステップ311へ移行する。ステップ311以降の処理は、前述の実施例1において図5のステップ106からステップ109で説明した方法により交差点を算出する。

【0058】図16は、実施例3における高速時の真の交差点を算出するための説明図である。誘起電圧変化が図16に示すような上昇する期間である場合は、検出誘起電圧が誘起電圧基準より大きければ交差点を検出できないと判断する(ステップ302)。また、誘起電圧変化が下降する期間である場合は、検出誘起電圧が誘起電圧基準より小さければ交差点を検出できないと判断する。上記判断の結果、もし検出不可能と判断した場合には、前述の実施例1で説明した方法により交差点を算出する。もし検出可能判断した場合には、モータ速度が所定値を越えるか否かを判断する(ステップ304)。モータ速度が所定値以下であれば実施例1で説明した方法により交差点が検出されるまで誘起電圧のサンプリングを続ける(図5のステップ104)。ステップ304においてモータ速度が所定値を越えると判断した場合には、以下に説明する交差点算出処理を行う。

【0059】まず、図16に示すように検出誘起電圧( $V_{det}$ )と誘起電圧基準値( $V_{ref}$ )との差( $\Delta V$ )を演算する(ステップ305)。次に、誘起電圧変化率作成回路10の出力である誘起電圧変化率( $V_{slp}$ )と前記差( $\Delta V$ )から、現在時刻T1から真の交差点までの位相差 $\Delta\theta$ ( $=V_{slp} \times \Delta V$ )を算出する(ステップ306)。さらに、算出された位相差 $\Delta\theta$ は、モータ速度を使って時間差 $\Delta T$ ( $=\Delta\theta/\omega$ )に変換される(ステップ307)。そして、現在時刻T1から時間差 $\Delta T$ の分だけ経過した時点を交差点と決定する(ステップ308)。

【0060】次に、上記交差点算出処理を行うか否かの



判断値であるモータ速度の所定値の決定の仕方について説明する。例えば、誘起電圧検出期間がPWM2周期分より短くなるモータ速度とし、PWM周期250μsで4極モータを165°通電で運転する場合について説明する。この場合、誘起電圧検出期間は15°となる。PWM2周期は500μsであるため、15°進む時間が500μsとなるモータ速度を計算すると2500rpmとなる。従って、このモータ速度を超えた場合において、上記の交差点算出処理を行う。上記の例では、誘起電圧検出期間がPWM2周期より短くなる場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなくPWM2周期以上としてもよい。このように算出された交差点に基づき次のスイッチング状態の切り換え点を求める。このように、スイッチング状態の切り換え点を算出して、その算出値に従ってブラシレスモータを駆動する。

【0061】上記のように、実施例3のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、誘起電圧と誘起電圧基準との交差点をより正確に得ることができる。また、正確なタイミングでスイッチング状態の切り換えができるため電流波形の乱れを抑えることができ、安定したブラシレスモータの駆動が可能となる。

【0062】《実施例4》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例4について説明する。実施例4においては、温度変化等により誘起電圧が変化した

$$SLP\_X = \frac{VB - BA}{\Delta \theta} \quad \text{--- (7)}$$

【0065】上記と同じ条件の時の誘起電圧変化率作成回路10の出力値をSLP\_ORGとする。この誘起電圧変化率SLP\_ORGと算出された誘起電圧変化率SLP\_Xとを使って次式(8)により、新たな誘起電圧

【0067】式(8)において、Kp、Kiは更新のゲインである。ゲインはブラシレスモータの動作時の温度変化率を考慮して決められる。また、誘起電圧が1点しか検出できない領域の誘起電圧変化率は、以前に誘起電圧を2点以上検出して補正したテーブル値から温度変化を類推して、その温度変化から求めて更新する。例えば、図19に示すような特定のモータ速度における温度変化に対する誘起電圧変化率のテーブルを予め作成しておく。現在のモータ速度が2000rpmで補正後の誘起電圧変化率がSLP34だったとする。このテーブルから温度は60℃になっていると類推できる。従って、他のモータ速度における温度60℃での誘起電圧変化率の値が得られる。

【0068】実施例4においては、2点の検出誘起電圧

場合の誘起電圧変化率作成回路のテーブル値補正を行うよう構成されている。このように構成することにより、実施例4の制御装置は温度変化があっても常に安定した高精度のロータ回転位置検出が可能となる。以下、実施例4のブラシレスモータの制御装置における制御方法について説明する。図17は実施例4のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図17において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。実施例4の制御装置は前述の実施例1の構成に加えて誘起電圧変化率補正回路16が設けられている。

【0063】以下、誘起電圧変化率補正回路16の動作について説明する。ブラシレスモータにおいて、環境温度が変化するとモータパラメータである誘起電圧定数及び巻線抵抗値が変化する。これらの変化に伴って検出誘起電圧が変化するため、予め求めておいた誘起電圧変化率作成回路10のテーブル値にずれが生じてくる。そこで、以下のように、誘起電圧変化率作成回路10のテーブル値の補正を行う。図18はテーブル値補正処理を説明するための図である。図18に示すように、時刻A点で誘起電圧VAが検出され、時刻B点で誘起電圧VBが検出されたとする。また、時刻A点と時刻B点との2点間の時間差ΔTを、モータ速度を使って位相差Δθに変換する。これらデータを使って誘起電圧変化率SLP\_Xは、次式(7)により算出される。

【0064】  
【数7】

変化率SLP\_NEWを算出し、PI制御でテーブル値を更新する。

【0066】  
【数8】

【0067】式(8)において、Kp、Kiは更新のゲインである。ゲインはブラシレスモータの動作時の温度変化率を考慮して決められる。また、誘起電圧が1点しか検出できない領域の誘起電圧変化率は、以前に誘起電圧を2点以上検出して補正したテーブル値から温度変化を類推して、その温度変化から求めて更新する。例えば、図19に示すような特定のモータ速度における温度変化に対する誘起電圧変化率のテーブルを予め作成しておく。現在のモータ速度が2000rpmで補正後の誘起電圧変化率がSLP34だったとする。このテーブルから温度は60℃になっていると類推できる。従って、他のモータ速度における温度60℃での誘起電圧変化率の値が得られる。

【0069】埋込磁石型ブラシレスモータのように突極性を持つブラシレスモータの場合、遮断期間における、例えばU相に発生する誘起電圧Vuを導出すると下記に示す式(9)となる。

【0070】  
【数9】

$$V_u = \frac{1}{2} \left[ 3\phi_u + \frac{\sqrt{3}L_{as}}{L_a - L_{as}\cos 2\theta} \left( (V_v - V_w) + \phi_w - \phi_v \right) \sin 2\theta \right. \\ \left. + \{-2R\sin 2\theta + 6\omega L_a \cos 2\theta - 6\omega L_{as} i_v\} \right] \quad \text{--- (9)}$$

【0071】式(9)において、 $V_v$ 、 $V_w$ はそれぞれV相、W相の端子電圧、 $i_v$ は中性点に流れる方向を正とする相電流、 $\phi_u$ 、 $\phi_v$ 、 $\phi_w$ はそれぞれ各相における中性点から見た磁石による誘起電圧、 $\omega$ はモータ速度、 $R$ は相抵抗である。また、 $L_a$ 、 $L_{as}$ は、図20に示されるようなロータ位置によって変化する1相あたりの有効インダクタンスを示すパラメータである。図20において、縦軸が有効インダクタンス[L]、横軸が電気角[ $\theta$ ]である。従って、誘起電圧の温度変化を、例えば以下のように理論計算が可能となる。温度依存のモータパラメータを変更して、異なる2つの角度での誘起電圧を計算する。その傾きから計算された誘起電圧変化率と検出された誘起電圧から得られた誘起電圧変化率が一致する温度条件を求める。その温度条件において、誘起電圧を1点しか検出できない領域の誘起電圧変化率を計算して、補正を行う。上記のように、実施例4のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、温度変化により誘起電圧が変化しても常に精度高くロータ位置を検出することができる。

【0072】《実施例5》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例5について説明する。実施例5においては、温度変化等により誘起電圧が変化した場合の誘起電圧基準値作成回路のテーブル値補正を行うよう構成されている。このように構成することにより、実施例5の制御装置は温度変化があっても常に安定して精度高くロータ回転位置を検出することができる。以下、実施例5のブラシレスモータの制御装置における制御方法について説明する。図21は実施例5のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図21において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。

【0073】実施例5の制御装置は前述の実施例1の構成に加えて誘起電圧基準値補正回路17が設けられている。以下、誘起電圧基準値補正回路17の動作について説明する。ブラシレスモータの環境温度が変化するとモータパラメータである誘起電圧定数および巻線抵抗値が変化する。これらの変化により、検出誘起電圧が変化するため、予め求めておいた誘起電圧基準値作成回路9のテーブル値は最適なものではなくなる。そこで、以下のようにして、誘起電圧基準値作成回路9のテーブル値の補正を行う。

【0074】図22は特定のモータ速度における温度変

化に対して最大効率駆動を実現できる誘起電圧基準値作成回路9のテーブルである。図22に示すように、各モータ速度における温度変化に対する変化表を予め作成する。一方、2点以上の検出誘起電圧値から誘起電圧変化率を算出する。そして、図22に示すような変化表から温度変化を求める。この温度変化に基づいて、新しいテーブル値を求め変化表を更新する。上記のように、実施例5のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、温度変化により誘起電圧が変化してもブラシレスモータを常に高効率で駆動制御できる。

【0075】《実施例6》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例6について説明する。実施例6においては、通電率指標が飽和したことを検知した時、誘起電圧基準作成回路の出力を電流位相が進むよう変更する。以下、実施例6のブラシレスモータの制御装置における制御方法について説明する。図23は実施例6のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図23において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。

【0076】実施例6の制御装置は前述の実施例1の構成に加えて電流位相調整回路18が設けられている。以下、電流位相調整回路18の動作について説明する。ブラシレスモータの磁石による誘起電圧はモータ速度に比例する。高速時には誘起電圧が高くなるのでモータ電流を流すための印加電圧も高くする必要がある。しかし、通電率指標が飽和するとそれ以上の電圧を印加することができなくなるため、モータ速度は通電率指標の飽和により制限される。この時、誘起電圧に対し電流位相を進めれば最大回転数が伸びることが知られている。実施例6の制御装置においては、誘起電圧基準値を可変とできるため電流位相も制御可能となる。

【0077】図24は実施例6における誘起電圧基準値の違いによる誘起電圧と電流位相との関係を説明する図である。図24において、(a)と(b)は誘起電圧とモータ電流とを示している。(a)が誘起電圧基準値を交差点を検出するレベルとし、(b)は誘起電圧基準値に調整量 $\beta$ を加えた値を交差点を検出するレベルとしている。図24から分かるように、検出誘起電圧との交差点を得るための基準値が異なると、誘起電圧に対する電流位相が変化する。図24においては、(b)の方が(a)よりも誘起電圧に対する電流位相が進んでいる。

このように誘起電圧基準値に加える調整量 $\beta$ を変更することにより電流位相を調整することができる。

【0078】次に、電流位相調整回路18の動作について説明する。図25は電流位相調整回路18の動作を示すフローチャートである。電流位相調整回路18に速度制御回路13の出力である通電率指標が入力されると、ステップ601において通電率指標が所定値以上か否かが判断される。通電率指標が飽和に近い時、電流位相調整回路18が有効に機能するようにしきい値としての所定値を飽和に近い値（例えば90%）に設定する。ステップ601において、通電率指標が所定値以上であれば調整量 $\beta$ を増加し（ステップ602）、通電率指標が所定値を下回れば調整量 $\beta$ を減じる（ステップ604）。ただし、増加した調整量 $\beta$ が多すぎると誘起電圧最大値を超えてしまい、減じた調整量 $\beta$ が負になると効率が悪化するという問題がある。そこで、ステップ602の後、増加した調整量 $\beta$ に対して最大調整量までに制限するリミット処理をステップ603において行う。このようにリミット処理を行った結果を新たな調整量 $\beta$ として電流位相調整回路18は出力する。一方、減じた調整量 $\beta$ が負か否かはステップ605において判断される。減じた調整量 $\beta$ が正であれば、電流位相調整回路18はそのまま調整量 $\beta$ を出力する。一方、減じた調整量 $\beta$ が負であれば、ステップ606において調整量 $\beta$ を0として出力する。

【0079】誘起電圧基準値作成回路9の出力である誘起電圧基準値と電流位相調整回路18の出力である調整量 $\beta$ の和が第1のロータ回転位置検出回路11に入力され、この第1のロータ回転位置検出回路11において誘起電圧基準値と誘起電圧が交差する時点が求められる。実施例6における電流位相調整回路18は、通電率指標を基に調整量を決定している。しかし、モータ速度により負荷状態がほぼ決定する場合には、通電率指標が飽和するモータ速度が分かる。従って、通電率指標の代わりにモータ速度に基づいて調整量を決定して、出力するように構成しても上記実施例6と同様の動作を行うことができる。上記のように、実施例6のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、誘起電圧に対する電流位相を制御し動作範囲を広げることができる。

【0080】《実施例7》次に、本発明に係るブラシレスモータの制御装置の実施例7について説明する。実施例7においては、通電期間における通電率の時系列である通電パターンにおいて、通電期間開始から所定期間の通電率が通電期間終了までの所定期間の通電率より大きくなるよう通電パターンを作成する。このような制御方法を有するため、実施例7のブラシレスモータの制御装置は、負荷条件に合った電圧印加ができるため、電流波形の変化が滑らかになり、高効率、低振動制御が実現で

きる。以下、実施例7のブラシレスモータの制御装置における制御方法について図を用いて説明する。図26は実施例7のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図26において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。

【0081】実施例7では前述の実施例1の構成に加えて通電パターン作成回路19が設けられている。そして、第1のスイッチング信号作成回路14の代わりに第2のスイッチング信号作成回路20が設けられている。通電パターン作成回路19は、モータ速度に応じて通電パターンを作成し、第2のスイッチング信号作成回路20へ出力する。第2のスイッチング信号作成回路20は通電パターン、ロータ回転位置、モータ速度、通電率指標によりスイッチング回路4の各スイッチング素子への通電・遮断信号を作成し出力する。

【0082】以下、通電パターン作成回路19の動作について詳細を説明する。図27は通電パターンの違いによる電流波形の変化を示す図である。図27の(a)は全てのパルス幅変調区間の通電率が同じ場合の上流側スイッチング素子41uへの通電・遮断信号を示しており、(b)は全てのパルス幅変調区間の通電率が同じ場合の下流側スイッチング素子42uへの通電・遮断信号を示している。図27の(c)はその時(図27の

(a)、(b)の時)のU相巻線の相電流波形である。図27の(d)と(e)は期間K4とK10での通電率を通電率指標+30%とし、期間K2とK8での通電率を通電率指標-30%とし、期間K1とK7での通電率を通電率指標と同じにしたときの上流側スイッチング素子41uと下流側スイッチング素子42uへの通電・遮断信号の波形である。図27の(f)はその時(図27の(d)、(e)の時)のU相巻線の電流波形を示す。図27の(c)の電流波形と(f)の電流波形とを比較すると理解できるように、図27の(f)の電流波形は正弦波に近づいている。図示していないが、この時、期間K3とK9で検出される誘起電圧は同じ形である。即ち、図27の電流波形(c)と電流波形(f)はともに誘起電圧に対する位相差が同じである。ここで効率について考える。効率には誘起電圧と電流との位相差が大きく寄与する。図27から理解できるように、誘起電圧と電流との位相差を変化させることなく、通電パターンを変えることにより電流波形を滑らかにすることができる。このため、実施例7の制御装置においては、高効率を保ったまま、低振動、低騒音を実現することが可能となる。

【0083】次に、実施例7における通電パターン作成回路19の動作について図28のフローチャートを用いて説明する。ステップ701において、モータ速度 $\omega$ から通電率補正率 $\Delta d$ を算出する。算出方法としては、例えば図29に示すようなモータ速度に対する通電率補正

率 $\Delta d$ のテーブルから求める。ステップ702において、通電率補正率により補正された通電率 $\delta \times (1 \pm \Delta d)$ の値が0%を下回ったり100%を超えないようにする必要がある。このために、ステップ702において、求められた通電率補正率 $\Delta d$ が限界値を超えていないかを確認する。ステップ703において、電気角180度期間において150度期間を通電区間とする基本通電パターンに対し、その通電期間の最初の30度区間の通電率を $\delta \times (1 + \Delta d)$ とし、通電期間の最後の30度区間の通電率を $\delta \times (1 - \Delta d)$ とする通電パターンを作成する。このように作成された通電パターンを第2のスイッチング信号作成回路20へ出力する。

【0084】以上のように、実施例7の制御装置は、通電パターン作成回路19を設けることにより、ブラシレスモータ1に供給される電流波形が改善されるため、その結果として、振動・騒音が減少するとともに高効率運転を実現することができる。実施例7における通電パターン作成回路19は、図29に示すようなモータ速度に対するテーブルを用いている。ブラシレスモータ1が埋込磁石型モータの場合、誘起電圧はモータ速度とモータ電流とによって変化する。また、モータ電流は通電率指標と相関関係がある。従って、動作範囲内において通電率指標の変化の影響を無視できない場合には、図30に示すようなモータ速度と通電率指標とに応じたテーブルを作成して用いても上記実施例7と同様の効果が得られる。また、実施例7における通電パターン作成回路19は、通電期間150度の通電パターンを基本パターンとして有しているが、120度以上180度未満の通電パターンを基本パターンとしても同様の効果が得られる。また、実施例7における通電パターン作成回路19は、通電開始タイミングから30度の区間の通電率が通電終了までの30度の区間の通電率よりも大きくなるように設定したが、電気角180度期間中の通電期間の長さに応じて変更しても同様の効果が得られる。

【0085】また、実施例7における通電パターン作成回路19は、通電開始タイミングから所定期間の通電率を通電率指標より一定量を加算した例で説明したが、加算する量は一定量である必要はない。図31の(a)はある相のスイッチング素子への通電・遮断信号であり、

(b)は通電率指標 $\delta$ を示す通電パターンである。上記実施例7においては、図31の(b)のように、期間K4、K8において一定量で通電率を上下させたが、図31の(c)図の通電パターンに示すように期間K4、K8において通電率に傾斜を持たせるように設定しても同様の効果が得られる。上記のように、実施例7のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、高効率かつ低振動・低騒音運転ができる。

【0086】《実施例8》次に、本発明に係るブラシレ

スモータの制御装置の実施例8について説明する。実施例8のブラシレスモータの制御装置においては、還流終了判断後、所定時間経過するまでの検出誘起電圧はロータ位置検出のためのデータとして用いない構成である。このように構成することにより、誘起電圧と誘起電圧基準の交差時点を正しく検出することができ、安定したブラシレスモータの駆動を実現することができる。以下、実施例8のブラシレスモータの制御装置における制御方法について図を用いて説明する。図32は実施例8のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。図32において、前述の実施例1における構成と同じものには図1と同じ番号を付し、その説明は省略する。実施例8の制御装置は、前述の実施例1の構成における第1の誘起電圧検出回路8の代わりに第2の誘起電圧検出回路21が設けられている。

【0087】以下、第2の誘起電圧検出回路21の動作について詳細を説明する。ロータ位置検出に用いられる誘起電圧は、スイッチング素子が共に遮断されている期間内で、同相の巻線に電流が流れていない時に発生する誘起電圧である。しかし、誘起電圧検出相の切り替わり直後は、スイッチング素子の逆並列接続されたダイオードに電流が流れる還流状態となり、巻線に電流が流れている。この還流状態では電流の流れる向きによって端子電圧は電源電圧の正側もしくは負側の電圧となる。端子電圧がこの状態から変化すれば還流終了と判断でき、以後検出誘起電圧によってロータ位置を検出できる。実際の端子電圧変化はスイッチング素子やダイオードの応答性などの理由から、瞬間的に有効な誘起電圧レベルへ変化するわけではなく、ある時間を要する。この変化時の誘起電圧検出値を用いずにロータ位置を判断する必要がある。そこで、第2の誘起電圧検出回路21は図33に示す処理を行う。図33は、第2の誘起電圧検出回路21の動作を示すフローチャートである。

【0088】まず、誘起電圧検出相の切り替わり後、端子電圧を検出して、電源電圧の正側か負側かを判断する(ステップ801)。何回か端子電圧の検出を行っているうちに還流が終了し、端子電圧レベルが変化してくる。ステップ802又はステップ803において、端子電圧が所定値 $\alpha$ 以上の変化を検知したとき、そのときから時間 $T_x$ は端子電圧を検出しない待ちの状態(ウェイト)となる。ここで、 $\alpha$ はノイズ等の誤判断をしない程度の値に設定する。例えば、電源電圧の10%を設定する。時間 $T_x$ は端子電圧は変化し始めるがロータ位置判断に有効な誘起電圧となるまでの過渡状態を無視できる程度の時間に設定する。時間 $T_x$ を経た後、再び誘起電圧を検出して誘起電圧基準値と比較する。

【0089】図34は誘起電圧検出相の端子電圧の検出相切替点以降の様子を示している。図34において、

(a)は還流終了後、検出誘起電圧と誘起電圧基準値が交差する場合の様子、(b)は還流終了後、検出誘起電

圧と誘起電圧基準値が交差しない場合の様子、(c)は還流終了後、検出誘起電圧と誘起電圧基準値が交差するが還流終了後ノイズが入っている場合の様子である。いずれの場合も時刻Aで還流終了を判断する。そして時間T<sub>x</sub>の待ち状態を経た時刻Bからの誘起電圧を第1のロータ回転位置検出回路11へ出力する。この検出誘起電圧は誘起電圧基準値との比較に用いるに有効な誘起電圧であり、結果としてロータ位置が正しく得られる。

【0090】以上、第2の誘起電圧検出回路21の動作によって、負荷変動などで検出相の切り替わり時から還流終了までの時間が変化しても有効な誘起電圧の検出遅れが減少する。特に、図34の(b)に示すように、時間T<sub>x</sub>の待ち状態を経た時刻Bにおいて誘起電圧基準値を既に超えている場合、即ち検出誘起電圧と誘起電圧基準値の真の交差点からすでに遅れている場合、その検出遅れを最小限にできるので後のスイッチング状態切替点までの時間余裕ができ安定性が増す。実施例8では還流終了判断後の時間T<sub>x</sub>の部分では端子電圧を検出しないとしたが、検出しても誘起電圧基準値との比較値として用いなければ同様の効果が得られる。上記のように、実施例8のブラシレスモータの制御装置は、ロータ3の回転位置検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、任意のブラシレスモータに対し、誘起電圧と誘起電圧基準の交差点を正しく検出することができ安定した駆動ができる。

【0091】また、本発明に係る前述の各実施例のブラシレスモータの制御方法及び制御装置を用いてコンプレッサを制御してもよい。例えば、図35は前述の実施例1で説明したブラシレスモータ(BLM)1の制御装置をコンプレッサ22に用いた例を示すブロック図である。コンプレッサ22は、密閉構造でかつ運転時は高温になるため、信頼性を確保するために位置センサの取り付けは避けるべきである。本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いる必要がなく、また検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できるので、任意のブラシレスモータ1を用いても信頼性高くコンプレッサ22を駆動できる。特に、埋込磁石型ブラシレスモータを用いたコンプレッサ22を広角通電する時には、ロータの回転位置を精度高く検出できるため、低騒音、低振動で駆動できる。

【0092】また、本発明に係る前述の各実施例のブラシレスモータの制御方法及び制御装置を用いてファンを制御してもよい。例えば、図36は前述の実施例1で説明したブラシレスモータ(BLM)1の制御装置をファン23に用いた例を示すブロック図である。本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いる必要がなく、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できるため、任意のブラシレスモータを用いてもロータ回転

位置検出センサ等の回転位置手段のコストが不要となり、製造コストの低いファンを高精度に駆動できる。特に、埋込磁石型ブラシレスモータを用いたファンを広角通電する時には、ロータの回転位置を精度高く検出できるので、低騒音、低振動で駆動できる。

【0093】さらに、本発明に係る前述の各実施例のブラシレスモータの制御方法及び制御装置を用いてポンプを制御してもよい。例えば、図37は前述の実施例1で説明したブラシレスモータ(BLM)1の制御装置をポンプ24に用いた例を示すブロック図である。本発明によれば、ロータの回転位置の検出のためにホール素子等の磁気検出手段を用いる必要がなく、任意のブラシレスモータを用いて、検出された誘起電圧が1点であってもロータの回転位置を精度高く検出できる。これにより、ロータ回転位置検出センサ等の回転位置検出手段のコストが不要となり、製造コストの低いポンプを高精度に駆動できる。特に、埋込磁石型ブラシレスモータを用いたポンプを広角通電する時には、ロータの回転位置を精度高く検出できるので、低騒音、低振動で駆動できる。

【0094】

【発明の効果】以上、実施例について詳細に説明したところから明らかなように、本発明のブラシレスモータの制御装置は次の効果を有する。本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、検出誘起電圧と誘起電圧基準値との交差点を常に高精度に検知することが可能となる。従って、本発明によればロータの回転位置の検出のためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、1点の誘起電圧検出値から精度の高いロータ回転位置を検知することができる。本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、検出された誘起電圧と誘起電圧基準値との交差点が検出できない状況においても誘起電圧変化率に基づいて交差点を得ることができる。従って、本発明によればロータの回転位置を検出するためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、確実にロータ位置を検知することができる。本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、検出誘起電圧と誘起電圧基準値が交差する時点を検出できないと判断したとき、遮断相の通電を直ちに開始するので、確実に電圧印加状態の切替を行うことができる。

【0095】本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、温度等によるモータパラメータの変動があっても検出誘起電圧が2点以上取れるところの検出誘起電圧の変化率を基に、誘起電圧基準値作成のためのテーブル値や誘起電圧変化率作成のためのテーブル値を補正している。従って、本発明によればロータの回転位置を検出するためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、常に精度の高いロータ位置を検出することができる。本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、温度変化に対する誘起電圧基準値作成回路のテーブル値を補正している。従って、本発明によればロータの回転位置

の検出のためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、常に効率高い運転を行うことができる。

【0096】本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、誘起電圧基準値を調整して直流電圧の1/2と異なる値に設定することができるため、誘起電圧に対する電流位相を制御することができる。これにより、印加電圧が飽和しても電流位相を変化させてモータ速度をさらに上昇させることが可能である。従って、本発明によればロータの回転位置を検出するためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、動作範囲を広くすることができる。本発明に係るブラシレスモータの制御装置は、モータ速度や通電率指標に基づいて通電期間開始から所定時間の通電率を通電期間終了までの所定時間の通電率より大きく設定できるよう構成されている。このため、本発明のブラシレスモータの制御装置は相巻線への電流波形をより正弦波状に形成することが可能となる。従って、本発明によればロータの回転位置を検出するためのホール素子等の磁気検出手段を用いることなく、高効率で低振動・低騒音の運転が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施例1におけるブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施例1における各スイッチング素子の導通・遮断のタイミングを示す波形図と各相の端子電圧波形図である。

【図3】実施例1における誘起電圧検出値と誘起電圧基準値との交差点と切り換えタイミングを示す関係図である。

【図4】実施例1における誘起電圧検出値が既に誘起電圧基準値を超えていた場合の真の交差点計算処理の説明図である。

【図5】実施例1における検出誘起電圧と誘起電圧基準値の交差点を求めるブロック図である。

【図6】実施例1における誘起電圧基準値の設定方法の説明図である。

【図7】実施例1におけるモータ速度に基づいた誘起電圧基準値作成回路のテーブルである。

【図8】実施例1におけるモータ速度と通電率指標に基づいた誘起電圧基準値作成回路のテーブルである。

【図9】実施例1におけるモータ速度に基づいた誘起電圧変化率作成回路のテーブルである。

【図10】実施例1におけるモータ速度と通電率指標に基づいた誘起電圧変化率作成回路のテーブルである。

【図11】実施例2における修正された切り換えタイミングが不可能な場合の対処の説明図である。

【図12】本発明に係る実施例3におけるブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図13】実施例4における誘起電圧検出相の端子電圧変化を示す図である。

【図14】実施例4におけるスイッチング切り換えタイ

ミングがばらついた場合の電流波形を示す図である。

【図15】実施例3における検出誘起電圧と誘起電圧基準値の交差点を求めるブロック図である。

【図16】実施例3における高速時の真の交差点計算処理の説明図である。

【図17】本発明に係る実施例4におけるブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図18】実施例4における検出誘起電圧から誘起電圧変化率を求めるための説明図である。

【図19】実施例4における温度変化に対する誘起電圧変化率のテーブルである。

【図20】埋込磁石型ブラシレスモータのインダクタンス特性を示す図である。

【図21】本発明に係る実施例5のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図22】実施例5における温度変化に対する誘起電圧基準値作成回路のテーブル値を求めるテーブルである。

【図23】本発明に係る実施例6のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図24】実施例6における誘起電圧基準値の違いによる誘起電圧と電流位相の関係図である。

【図25】実施例6における誘起電圧基準値の調整量作成のブロック図である。

【図26】本発明に係る実施例7のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図27】実施例7における、各相のスイッチング素子と巻線に入力される信号波形であり、(a)はパルス幅変調区間の通電率が通電率指標と同じ時のU相上流側スイッチング素子に入力される通電・遮断信号であり、

(b)はパルス幅変調区間の通電率が通電率指標と同じ時のU相下流側スイッチング素子に入力される通電・遮断信号であり、(c)はU相に与えられる通電遮断信号が(a)、(b)の時のU相電流波形であり、(d)はパルス幅変調区間の通電率が通電率指標と異なる区間がある時のU相上流側スイッチング素子に入力される通電・遮断信号であり、(e)はパルス幅変調区間の通電率が通電率指標と異なる区間がある時のU相下流側スイッチング素子に入力される通電・遮断信号であり、(f)はU相に与えられる通電遮断信号が(d)、(e)の時のU相電流波形である。

【図28】実施例7における通電パターン作成回路の制御フローチャートである。

【図29】実施例7におけるモータ速度に基づいた通電率補正率テーブルである。

【図30】実施例7におけるモータ速度と通電率指標に基づいた通電率補正率テーブルである。

【図31】実施例7における基本通電パターンと変更後の通電パターンを示す信号波形図であり、(a)は基本通電パターンであり、(b)は通電パターンの開始後と終了前で通電率を一定量増減して作成された通電パター

ンであり、(c)は通電パターンの開始後と終了前で通電率を一定でない量増減して作成された通電パターンである。

【図32】本発明に係る実施例8のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図33】実施例8における有効誘起電圧を得るまでの処理ブロック図である。

【図34】実施例8における端子電圧波形であり、  
(a)は還流終了後に誘起電圧しきい値との交差点が存在する場合の端子電圧波形、(b)は還流終了後に誘起電圧しきい値を既に越えている場合の端子電圧波形、  
(c)は還流終了後にノイズが入ってくる場合の端子電圧波形である。

【図35】本発明に係るブラシレスモータの制御装置を用いたコンプレッサを示すブロック図である。

【図36】本発明に係るブラシレスモータの制御装置を用いたファンを示すブロック図である。

【図37】本発明に係るブラシレスモータの制御装置を用いたポンプを示すブロック図である。

【図38】従来のブラシレスモータの制御装置の構成を示すブロック図である。

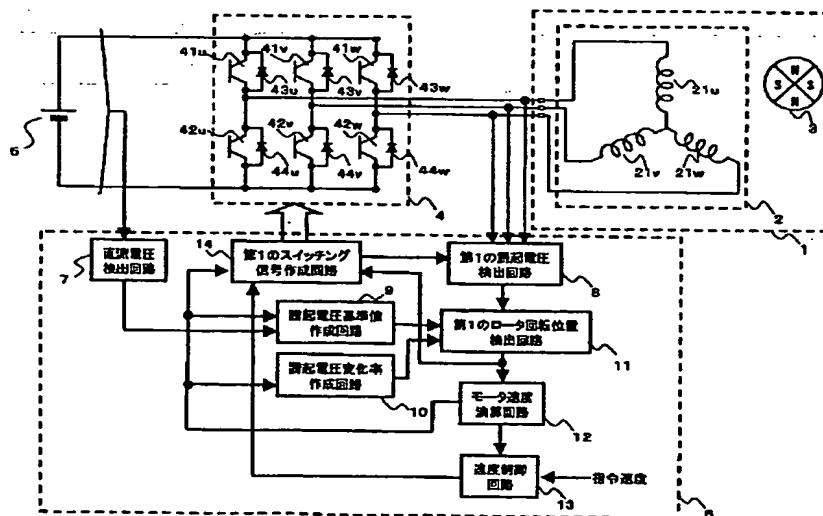
【図39】従来のブラシレスモータの制御装置において各相の端子に現れる電圧波形図と有効誘起電圧を外挿補間した波形図であり、(a)はU相に現れる端子電圧波形であり、(b)はV相に現れる端子電圧波形であり、(c)はW相に現れる端子電圧波形であり、(d)は各相の有効な誘起電圧値を時間的変化率で外挿補間して得られた波形図である。

【図40】従来のブラシレスモータの制御装置において単位時間当たりの端子電圧変化量を示す図である。

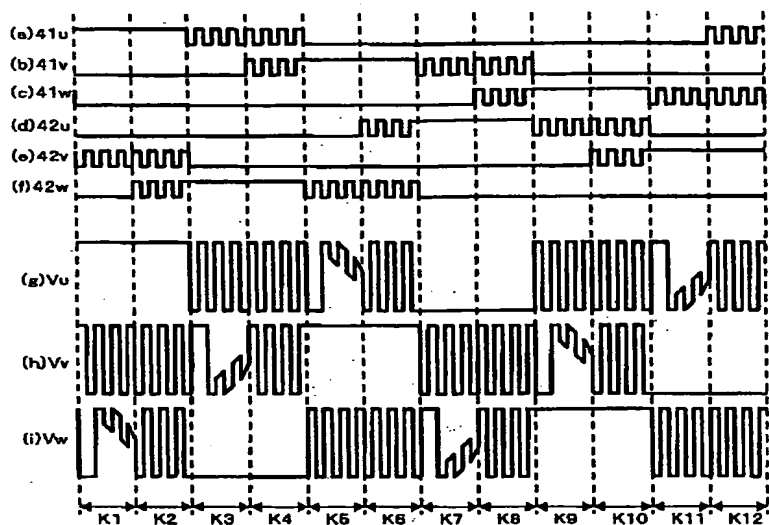
【符号の説明】

- 1 ブラシレスモータ
- 2 ステータ
- 3 ロータ
- 4 スイッチング回路
- 5 直流電源
- 6 制御部
- 7 直流電圧検出回路
- 8 第1の誘起電圧検出回路
- 9 誘起電圧基準値作成回路
- 10 誘起電圧変化率作成回路
- 11 第1のロータ回転位置検出回路
- 12 モータ速度演算回路
- 13 速度制御回路
- 14 第1のスイッチング信号作成回路
- 15 第2のロータ回転位置検出回路
- 16 誘起電圧変化率補正回路
- 17 誘起電圧基準値補正回路
- 18 電流位相調整回路
- 19 通電パターン作成回路
- 20 第2のスイッチング信号作成回路
- 21 第2の誘起電圧検出回路
- 22 コンプレッサ
- 23 ファン
- 24 ポンプ

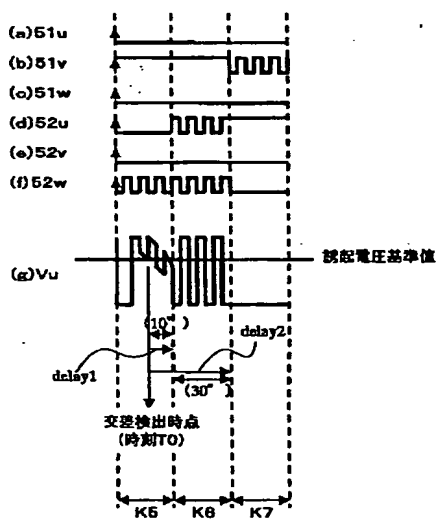
【図1】



【図2】



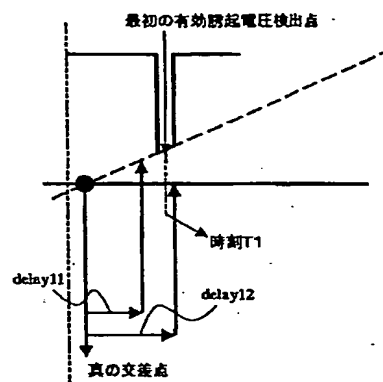
【図3】



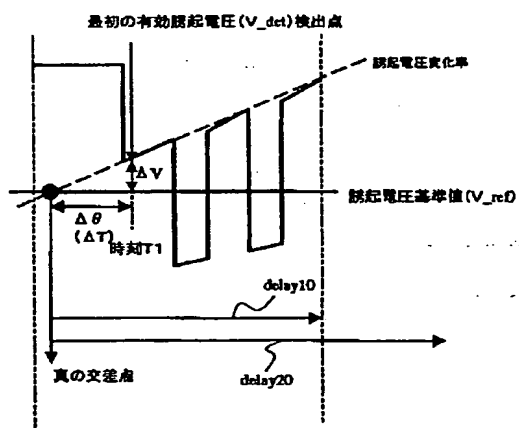
【図6】



【図11】

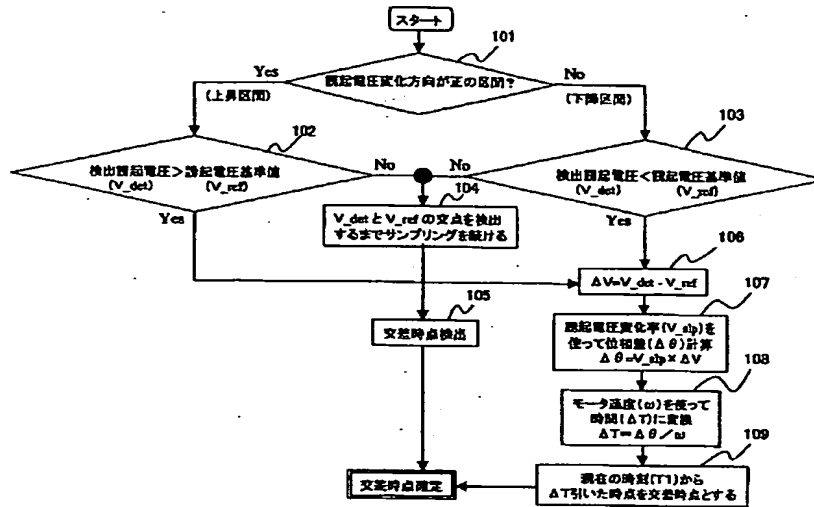


【図4】





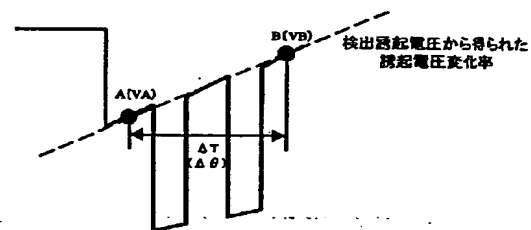
【図5】



【図7】

モータ速度[rpm]	基準値設定量[V]
0	0
500	V1
1000	V2
2000	V3
3000	V4
4000	V5
5000	V6
6000	V7

【図18】



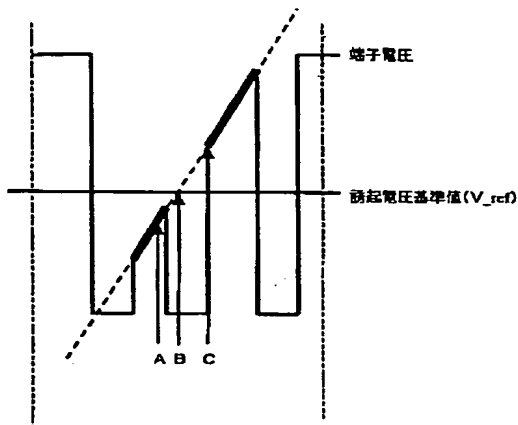
【図8】

モータ速度[rpm]	誘起電圧指標[%]										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19
1000	0	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29
2000	0	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39
3000	0	V40	V41	V42	V43	V44	V45	B46	V47	V48	V49
4000	0	V50	V51	V52	V53	V54	V55	B56	V57	V58	V59
5000	0	V60	V61	V62	V63	V64	V65	V66	V67	V68	V69
6000	0	V70	V71	V72	V73	V74	V75	V76	V77	V78	V79

【図20】

通電率指標[%]											
モータ速度 (rpm)	0	10	20	30	40	60	80	70	80	90	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	SLP10	SLP11	SLP12	SLP13	SLP14	SLP16	SLP16	SLP17	SLP18	SLP19
1000	0	SLP20	SLP21	SLP22	SLP23	SLP24	SLP25	SLP26	SLP27	SLP28	SLP29
2000	0	SLP30	SLP31	SLP32	SLP33	SLP34	SLP36	SLP36	SLP37	SLP38	SLP39
3000	0	SLP40	SLP41	SLP42	SLP43	SLP44	SLP45	SLP46	SLP47	SLP48	SLP49
4000	0	SLP50	SLP51	SLP52	SLP53	SLP54	SLP55	SLP56	SLP57	SLP58	SLP59
5000	0	SLP60	SLP61	SLP62	SLP63	SLP64	SLP65	SLP68	SLP68	SLP68	SLP69
8000	0	SLP70	SLP71	SLP72	SLP73	SLP74	SLP75	SLP76	SLP77	SLP78	SLP79

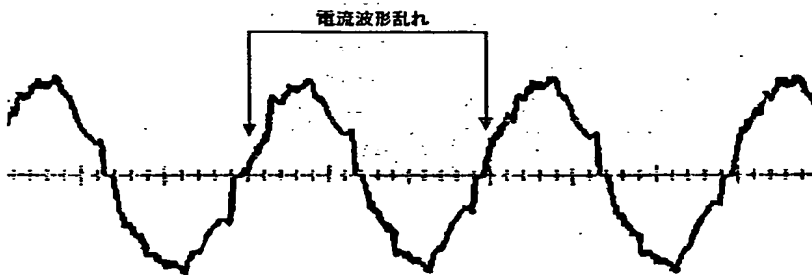
【図13】



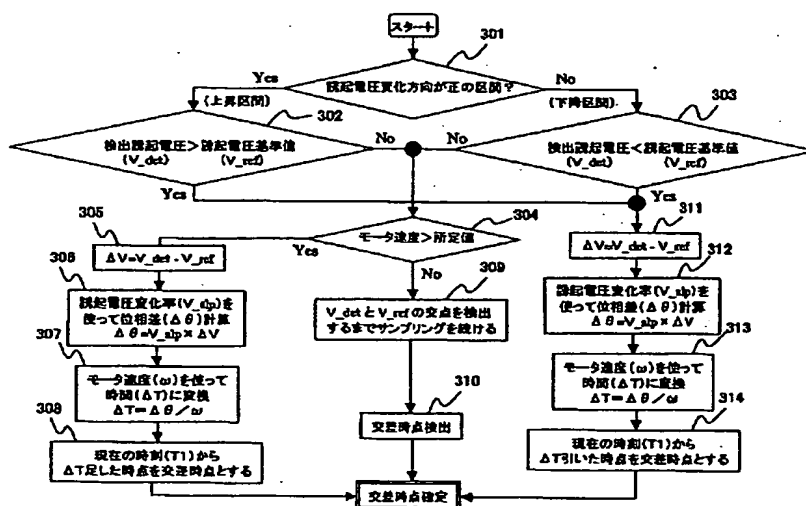
【図19】

温度[℃]	-20	0	20	40	60	80	100	120
モータ速度[rpm]								
500	SLP10	SLP11	SLP12	SLP13	SLP14	SLP15	SLP16	SLP17
1000	SLP20	SLP21	SLP22	SLP23	SLP24	SLP25	SLP26	SLP27
2000	SLP30	SLP31	SLP32	SLP33	SLP34	SLP35	SLP36	SLP37
3000	SLP40	SLP41	SLP42	SLP43	SLP44	SLP45	SLP46	SLP47
4000	SLP50	SLP51	SLP52	SLP53	SLP54	SLP55	SLP56	SLP57
5000	SLP60	SLP61	SLP62	SLP63	SLP64	SLP65	SLP66	SLP67
6000	SLP70	SLP71	SLP72	SLP73	SLP74	SLP75	SLP76	SLP77

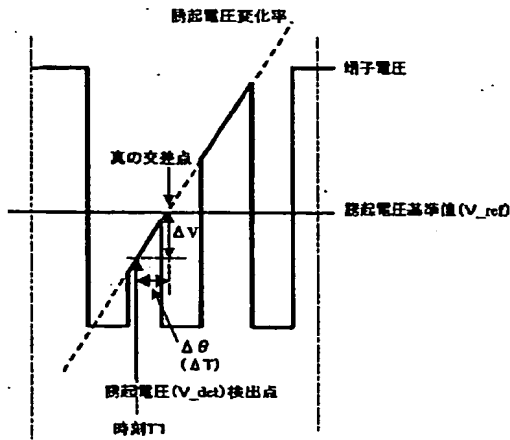
【図14】



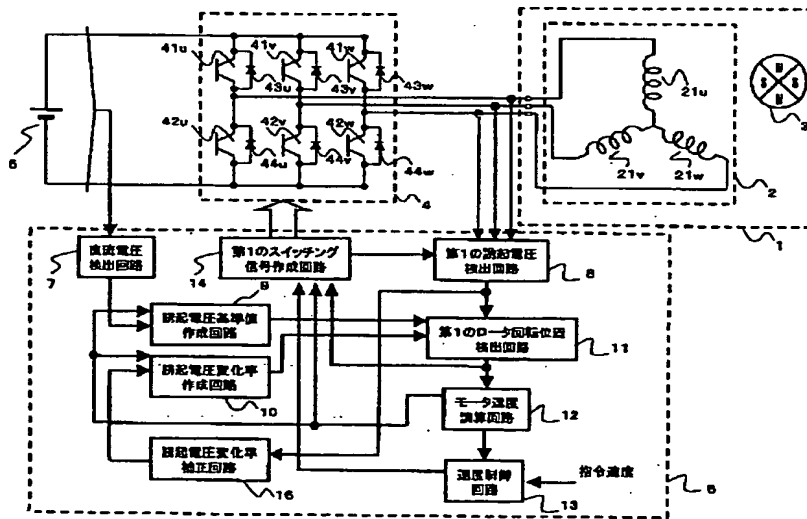
【図15】



【図16】



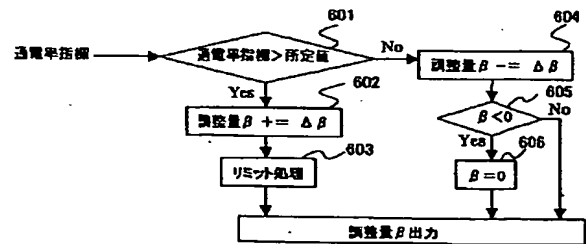
【図17】



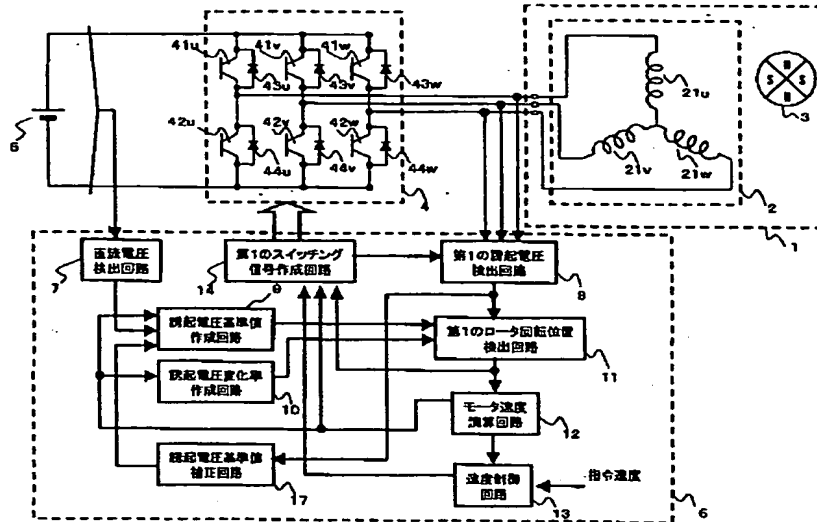
【図22】

モータ速度 [rpm]	温度 [°C]							
	-20	0	20	40	60	80	100	120
500	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
1000	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27
2000	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37
3000	V40	V41	V42	V43	V44	V45	B46	V47
4000	V50	V51	V52	V53	V54	V55	B56	V57
5000	V60	V61	V62	V63	V64	V65	V66	V67
6000	V70	V71	V72	V73	V74	V75	V76	V77

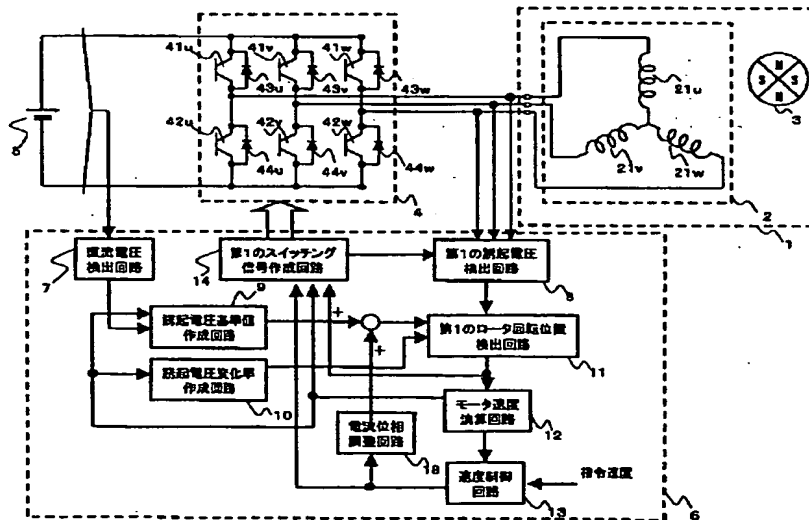
【図25】



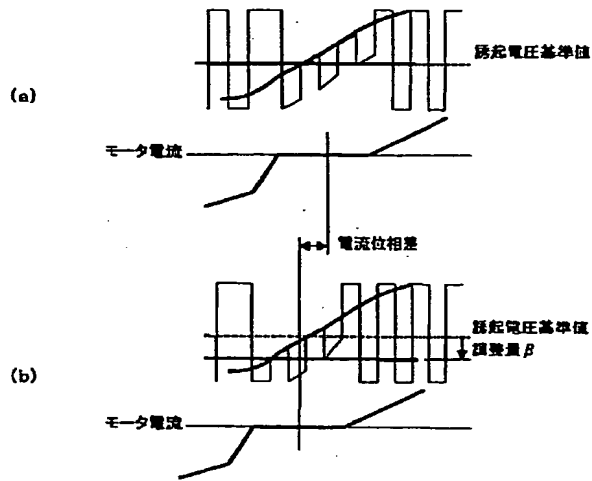
【図21】



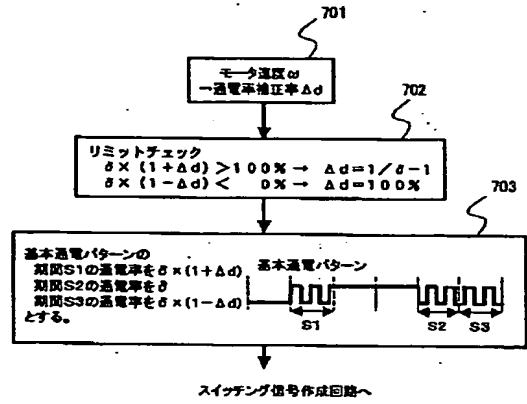
【図23】



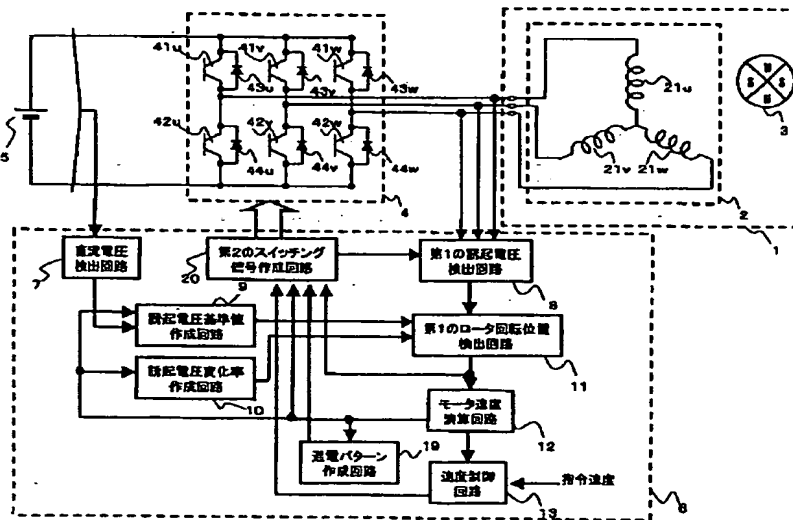
【図24】



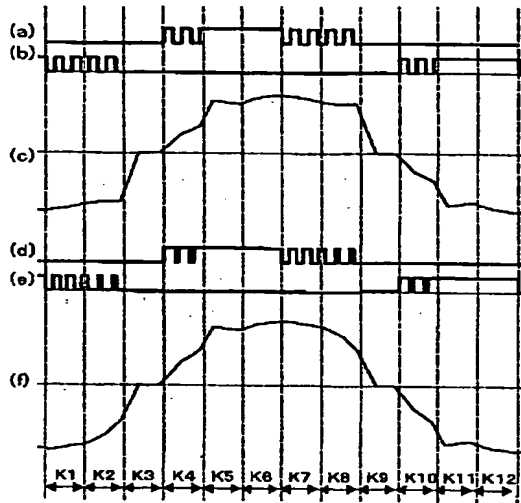
【図28】



【図26】



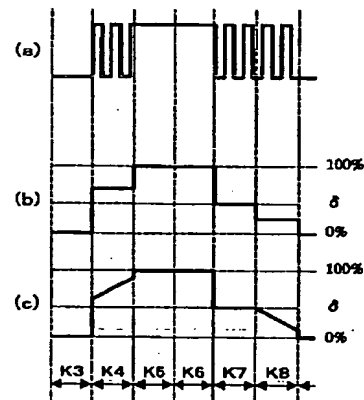
【図27】



【図29】

モータ速度[rpm]	通電率補正率[%]
0	0
500	$\Delta d1$
1000	$\Delta d2$
2000	$\Delta d3$
3000	$\Delta d4$
4000	$\Delta d5$
5000	$\Delta d6$
6000	$\Delta d7$

【図31】

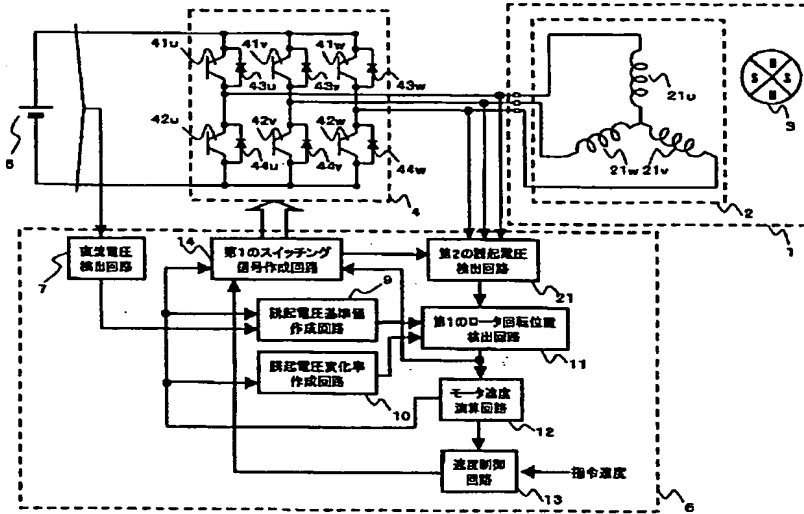


【図30】

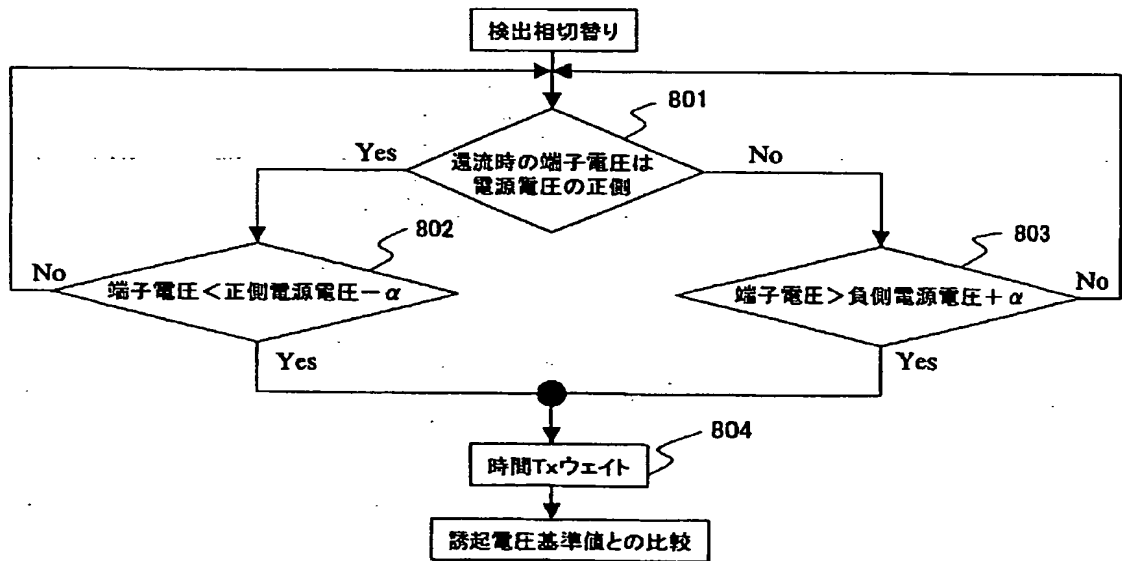
A: モータ速度 (rpm)  
B: 通電率指標 (%)

B \ A	0	1000	2000	3000	.....
0	$\Delta d_{00}$	$\Delta d_{01}$	$\Delta d_{02}$	$\Delta d_{03}$	.....
10	$\Delta d_{10}$	$\Delta d_{11}$	$\Delta d_{12}$	$\Delta d_{13}$	.....
20	$\Delta d_{20}$	$\Delta d_{21}$	$\Delta d_{22}$	$\Delta d_{23}$	.....
30	$\Delta d_{30}$	$\Delta d_{31}$	$\Delta d_{32}$	$\Delta d_{33}$	.....
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

【図 3 2】

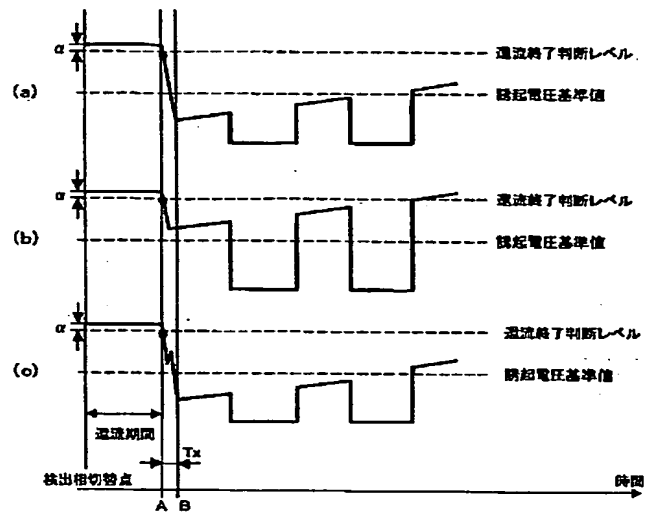


【図 3 3】

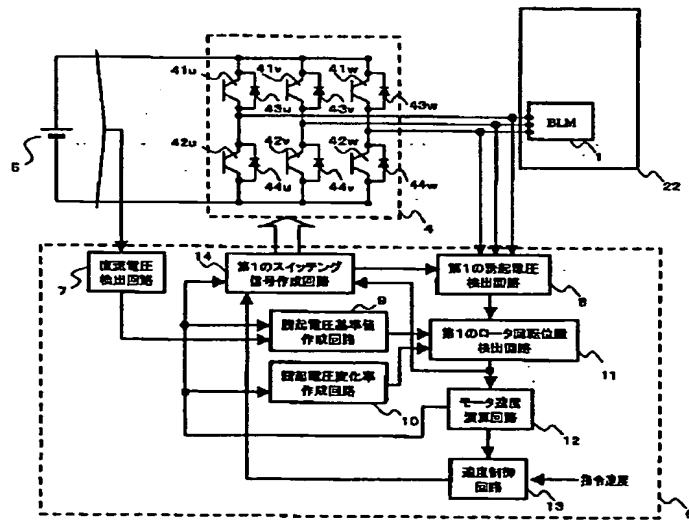




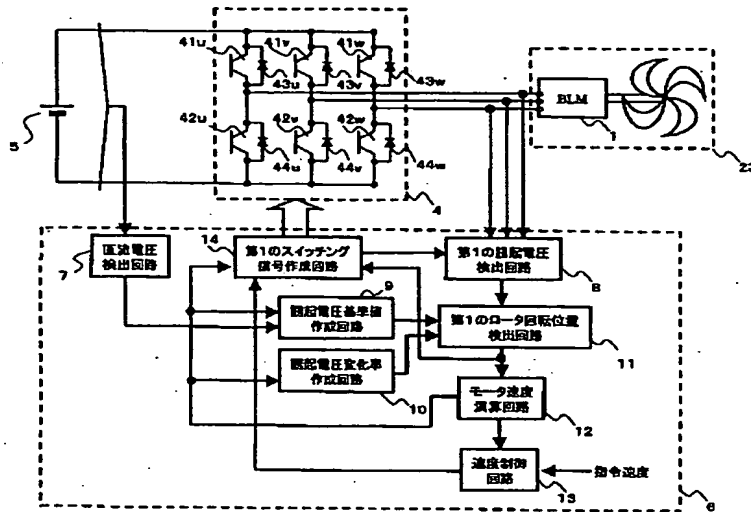
【図34】



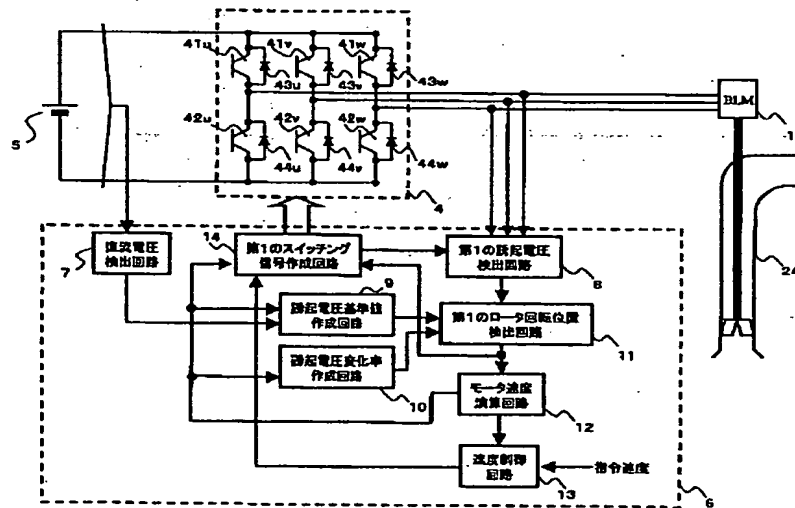
【図35】



【图 3 6】

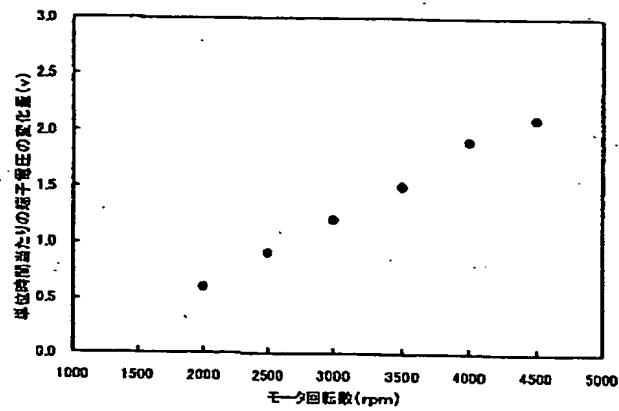


【图 3 7】





【図40】



フロントページの続き

(72)発明者 飯島 友邦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 松城 英夫  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 サハ スブラタ  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
Fターム(参考) 5H560 AA01 AA02 BB04 BB07 BB12  
DA13 DB20 DC13 EB01 EB05  
EC01 EC10 SS02 TT15 UA02  
XA04 XA11 XA12 XB09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**